



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

**Implementación de Lean Manufacturing para
mejorar el sistema de producción en una empresa de
metalmeccánica**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Nelson Augusto ARROYO PAREDES

ASESOR

Edgar Cruz RUIZ LIZAMA

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Arroyo, N. (2018). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ACTA N°043-VDAP-FII-2018

**SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **miércoles 28 de noviembre de 2018**, a las 10:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

**"IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR EL
SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE
METALMECÁNICA"**

Que presenta el Bachiller:

ARROYO PAREDES NELSON AUGUSTO


Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Ordinaria**.

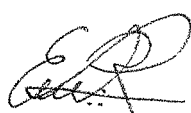
Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 11:00 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido APROBADO por UNANIMIDAD con la calificación promedio de DIECISEIS, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 28 de noviembre del 2018


MG. SALAS BACALLA JULIO ALEJANDRO
Presidente


MG. MAYTA HINOJOZA DANIEL HUMBERTO
Miembro


ING. MALCA CHUQUIRUNA RAQUEL BEATRIZ
Miembro


MG. RUIZ LIZAMA EDGAR CRUZ
Asesor

DEDICATORIA

A Dios por iluminar y bendecir los caminos de mi vida, por brindarme las fortalezas y enseñanzas necesarias para seguir mejorando cada día como persona y profesional.

A mis padres Teresa Paredes y Augusto Arroyo por su gran amor, confianza, apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida y por ser ejemplo de perseverancia y superación constante.

A mis hermanos Christian, Daniel, Kelly y Sandra por sus constantes consejos y cariño los cuales me motivan para seguir creciendo y mejorando.

A una persona muy especial en mi vida que me demuestra día a día su amor incondicional
Gracias Maribel Rodriguez Paucar.

A todos mis familiares y amistades por su enorme cariño y confianza en mi persona.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación marca una etapa muy importante en mi vida profesional ya que consolida los conocimientos adquiridos desde la etapa de formación universitaria, cursos de especialización y experiencia laboral hasta el momento siendo pilares fundamentales para la realización del presente trabajo de investigación.

Quiero agradecer a mis padres, hermanos y familiares por sus enseñanzas, consejos, valores y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, los cuales son una motivación para seguir mejorando como persona y profesional.

Quiero agradecer especialmente a la Ing. Malca Chuquiruna, Raquel y al Mg. Ruiz Lizama, Edgar por sus consejos, disposición y apoyo profesional-académico durante la realización de mi trabajo de investigación.

Finalmente quiero agradecer a mis compañeros, maestros de mi formación universitaria y compañeros de trabajo por sus grandes consejos y enseñanzas que me brindan día a día, los cuales me permiten reflexionar y me sirven como experiencia para poder seguir mejorando.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE GRÁFICOS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1. Descripción de la realidad del problema.....	12
1.2. Definición del problema	13
1.2.1. Problema General	13
1.2.2. Problemas Específicos	13
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	13
1.3.1. Justificación Teórica.....	13
1.3.2. Justificación Práctica	14
1.3.3. Justificación metodológica	14
1.4. Objetivos de la investigación.....	14
1.4.1. Objetivo General	14
1.4.2. Objetivos Específicos	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes de la investigación.....	16
2.2. Bases Teóricas	20
2.2.1. Historia	22
2.2.2. Desperdicios	25
2.2.3. Principios.....	26
2.2.4. Toyota Way	27
2.3. Marco conceptual	28
CAPÍTULO 3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	32
3.1. Hipótesis General	32
3.2. Hipótesis Específica	32

3.3. Variables	32
CAPÍTULO 4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	35
4.1. Tipo de investigación	35
4.2. Diseño de investigación.....	35
4.3. Población y muestra	35
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
4.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	36
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	37
5.1. Presentación de resultados.....	37
5.2. Descripción de la empresa	37
5.2.1. Descripción del sistema productivo	48
5.2.2. Análisis y diagnóstico del sistema productivo	60
5.2.3. Implementación de las herramientas Lean	67
5.2.4. Impacto Económico.....	89
5.3. Contrastación de hipótesis	91
5.3.1. Primera hipótesis	91
5.3.2. Segunda hipótesis	91
5.3.3. Tercera hipótesis.....	91
5.3.4. Discusión de resultados	92
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
6.1. Conclusiones	93
6.2. Recomendaciones	94
Bibliografía	95
ANEXOS.....	96
Anexo 01 Producción de acero crudo a nivel mundial.....	96
Anexo 02 Consumo de productos laminados a nivel mundial	97
Anexo 03 Indicadores de gestión de la Gerencia de Operaciones.....	98
Anexo 04 Diagrama de Flujo de PCP.....	99
Anexo 05 Componentes de la máquina de Roll Forming.....	100
Anexo 06 Planos de los principales productos	101
Anexo 07 Planos de los productos complementarios	102
Anexo 08 Ficha técnica del Sigmadex	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Comparación según el tipo de producción	24
Tabla 2.2	Actividades del proceso productivo	25
Tabla 3.1	Matriz de Operacionalización	33
Tabla 3.2	Matriz de consistencia	34
Tabla 5.1	Formato de planchas estándares	53
Tabla 5.2	Productos de la Roll Forming postes y perfiles	54
Tabla 5.3	Matrices de la Roll Forming postes y perfiles	55
Tabla 5.4	Mano de obra de producción	60
Tabla 5.5	Distribución de las compras de la empresa	61
Tabla 5.6	Productos en toneladas por mes	62
Tabla 5.7	Matriz Proceso-Producto	63
Tabla 5.8	Programación inicial del personal de roll forming	67
Tabla 5.9	Resumen por actividades en la roll forming	68
Tabla 5.10	Tiempo estándar inicial de las paradas programadas	70
Tabla 5.11	Programación estandarizada del personal	71
Tabla 5.12	Hoja de reducción de cambio de herramienta	72
Tabla 5.13	Programación de entrenamiento Kaizen SMED	73
Tabla 5.14	Estandarización de las actividades	73
Tabla 5.15	Resumen de la implementación del SMED	73
Tabla 5.16	Cuadro comparativo de las paradas programadas	74
Tabla 5.17	Programación inicial del proceso de granalla	75
Tabla 5.18	Disponible de máquina granalladora	75
Tabla 5.19	Duración de reprocesos en el proceso de granalla	76
Tabla 5.20	Estándar del programa de Mantenimiento de matrices	78
Tabla 5.21	Programación estandarizada del proceso de granalla	82
Tabla 5.22	Resultados de la implementación de la estandarización	82
Tabla 5.23	Comparación de los reprocesos en el proceso de granalla	82
Tabla 5.24	Stock de flejes	85
Tabla 5.25	Stock de planchas	85
Tabla 5.26	Proyección de abastecimiento de pintura	86
Tabla 5.27	Estandarización de la programación del proceso productivo	86
Tabla 5.28	Comparación de lead time de fabricación	88
Tabla 5.29	Mejoras implementadas por el JIT	88
Tabla 5.30	Impacto económico SMED	89
Tabla 5.31	Impacto económico estandarización de operaciones	90
Tabla 5.32	Impacto económico JIT	90

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 Distribución de proyectos de acuerdo a ventas	47
Gráfico 5.2 Distribución de mano de obra de producción.....	60
Gráfico 5.3 Diagrama de Pareto de las compras de la empresa	61
Gráfico 5.4 Diagrama de Pareto de productos por mes	63
Gráfico 5.5 Diagrama de las actividades en la roll forming.....	68
Gráfico 5.6 Diagrama por tipo de actividades-SMED	74
Gráfico 5.7 Diagrama por tipo de actividades-Granalla.....	76
Gráfico 5.8 Diagrama por tipo de reproceso en el proceso de granalla.....	76
Gráfico 5.9 Diagrama final por tipo de reproceso	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Mapa de la Base Teórica.....	21
Figura 2.2	Pirámide del Toyota Way.....	27
Figura 2.3	Casa del Sistema de Producción Toyota	28
Figura 2.4	Círculo de la Mejora Continua.....	30
Figura 2.5	Símbolos del Mapa de Proceso	31
Figura 5.1	Descripción de La Empresa Metalmecánica	37
Figura 5.2	Mapa de Presentación de Resultados	38
Figura 5.3	Organización de La Empresa Metalmecánica.....	40
Figura 5.4	Estantería metálica fija.....	40
Figura 5.5	Organigrama organizacional	41
Figura 5.6	Estantería metálica fija con accesorios	42
Figura 5.7	Estantería corrediza manual	42
Figura 5.8	Rack picking.....	43
Figura 5.9	Rack selectivo	43
Figura 5.10	Rack acumulativo.....	44
Figura 5.11	Rack dinámico.....	44
Figura 5.12	Sistema runner.....	45
Figura 5.13	Estructura cantilever.....	45
Figura 5.14	Estructura autoportante	46
Figura 5.15	Estructura entrepiso.....	46
Figura 5.16	Estructura mezanine	47
Figura 5.17	Organigrama de la Gerencia de Operaciones.....	51
Figura 5.18	Análisis del Proceso de PCP	52
Figura 5.19	Máquina de guillotina de corte.....	53
Figura 5.20	Vista panorámica de la Roll Forming	55
Figura 5.21	Máquinas de prensa.....	56
Figura 5.22	Máquinas de doblez.....	56
Figura 5.23	Máquinas automáticas de soldadura.....	57
Figura 5.24	Máquina de granallado.....	58
Figura 5.25	Proceso de pintura	59
Figura 5.26	Acero en formato bobinas-planchas-flejes.....	62
Figura 5.27	Diagrama de fabricación de vigas	63
Figura 5.28	Mapa del Proceso Inicial	65
Figura 5.29	Mapa del Proceso Futuro	66
Figura 5.30	Productos embutidos del proceso productivo	78
Figura 5.31	Proceso estándar de los productos embutidos.....	79
Figura 5.32	Proceso estándar de los productos oxidados	80
Figura 5.33	Productos ensamblados del proceso productivo	81
Figura 5.34	Proceso estándar de los productos ensamblados.....	81
Figura 5.35	Flujograma del requerimiento de acero.....	84
Figura 5.36	Lead time de abastecimiento de acero	85
Figura 5.37	Balance de los procesos productivos.....	87

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo mejorar el sistema de producción en una empresa metalmecánica en términos que se traduzca en rentabilidad para la empresa a partir de la implementación del *Lean Manufacturing*.

Esta metodología es definida por Hernández & Vizán (2013) de la siguiente manera: “*Lean Manufacturing es una filosofía basada en las personas, que define la forma de mejorar y optimizar el sistema de producción, focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios*” (p. 10). Entiéndase por desperdicios todas aquellas actividades que agregan costo al producto, pero no valor, por ende, no son necesarios.

En el presente trabajo se mejora el sistema de producción de una empresa metalmecánica a través de la reducción del costo, mejora de la calidad, reducción del tiempo de fabricación e incremento de la producción. Para ello se implementan las herramientas del *Lean Manufacturing* como el *Single Minute Exchange of Die (SMED-Cambio de herramientas)*, *Estandarización de Operaciones* y el *Just in time (JIT-Justo a tiempo)* en cada proceso crítico del proceso productivo.

Para ello se realiza el análisis, diagnóstico e implementación de la mejora en el proceso productivo, obteniendo como resultado de la investigación, una reducción de 47% del set-up de las paradas programadas en el proceso roll forming postes y perfiles, una reducción de 59% del tiempo de reproceso en el proceso de granallado y una reducción de 17% del tiempo de fabricación en el ciclo productivo generado por el incremento de la producción en un 25%.

De acuerdo a los resultados obtenidos se demuestra, en la actualidad que la aplicación del *Lean Manufacturing* a través de su metodología e implementación de las herramientas, mejora el sistema de producción en las empresas productivas aplicadas. En consonancia a lo postulado para una implementación exitosa del *Lean Manufacturing* se requiere del compromiso de toda la organización, respeto al trabajador y adaptabilidad a los diversos contextos e innovación continua.

Palabras Claves: Single Minute Exchange of Die (SMED-Cambio de herramientas), Just in time (JIT-Justo a tiempo), Value Stream Mapping (VSM-Mapa de Procesos).

ABSTRACT

The aim of this research work is to improve the production system in a metal-mechanic company in terms that translate into profitability for the company from the implementation of *Lean Manufacturing*.

This methodology is defined by Hernández & Vizán (2013) as follows: "*Lean Manufacturing is a philosophy based on people, which defines how to improve and optimize the production system, focusing on identifying and eliminating all types of waste*" (p.10) Waste for all those activities that add cost to the product, but not value, therefore, are not necessary.

In the present work the production system of a metalworking company is improved through the reduction of cost, improvement of quality, reduction of manufacturing time and increase of production. To this end, *Lean Manufacturing* tools are implemented, such as the *Single Minute Exchange of Die (SMED)*, *Standardization of Operations* and *Just in Time (JIT)* in each critical process of the production process.

To do this, the analysis, diagnosis and implementation of the improvement in the production process is carried out, obtaining as a result of the research, a 47% reduction of the set-up of the scheduled stops in the roll forming posts and profiles process, a reduction of 59% of the reprocessing time in the blasting process and a reduction of 17% of the manufacturing time in the productive cycle generated by the increase in production by 25%.

According to the results obtained, it is now demonstrated that the application of *Lean Manufacturing* through its methodology and implementation of the tools, improves the production system in the productive companies applied. In line with what is postulated for a successful implementation of *Lean Manufacturing* requires the commitment of the entire organization, respect for the worker and adaptability to the various contexts and continuous innovation.

Key words: Single Minute Exchange of Die (SMED-Tool change), Just in time (JIT-Just in time), Value Stream Mapping (VSM-Map of Processes).

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el entorno industrial se torna cada vez más competitivo debido a las altas exigencias por parte de los clientes en términos de costo, calidad y tiempo; es por esta razón que las empresas compiten y buscan constantemente las mejoras en sus procesos productivos, para disminuir o eliminar las pérdidas y aprovechar al máximo sus recursos disponibles.

La metodología *Lean Manufacturing* tiene como objetivo optimizar los recursos y eliminar todos los desperdicios que generen pérdidas en el proceso productivo.

Para el presente trabajo de investigación, aplicado en la empresa metalmecánica tiene como objetivo mejorar su sistema de producción implementando el *Lean Manufacturing*. Asimismo, el esquema de la investigación se detalla en 6 capítulos.

En el capítulo I, se presenta el planteamiento del estudio, se realiza la fundamentación y formulación del Problema general y específico, la justificación teórica, práctica y metodológica y sus respectivos objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico. El cual comprende los antecedentes de la investigación (nacional e internacional), bases teóricas (historia, desperdicios, principios y el Toyota Way) y el marco conceptual del *Lean Manufacturing*.

En el capítulo III, se describe la formulación de la hipótesis general y específicas, luego en el siguiente capítulo se describe el tipo y diseño de la investigación, así como la población de estudio, las técnicas y herramientas de recolección de datos.

En el capítulo V, se realiza el análisis e interpretación de los resultados, que comprende la presentación de los resultados (descripción de la empresa, descripción del proceso productivo, análisis, diagnóstico, implementación del *Lean Manufacturing* y su impacto económico), contrastación de hipótesis y discusión de resultados.

Finalmente, en el capítulo VI se describe las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada en función a los resultados obtenidos.

Por motivos de confidencialidad se omitirá el nombre de la empresa y solo se le llamará en forma genérica como “*La Empresa Metalmecánica*”.

CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema

En la actualidad el entorno empresarial es tan competitivo y globalizado, con clientes cada día más exigentes y variables a sus necesidades, los cuales aumentan sus expectativas de compra nacional e importada en función a la calidad, costo y tiempo, esto genera que las empresas sean flexibles y adaptables en sus procesos productivos para poder cumplir con las necesidades de los clientes y de esta manera subsistir en el mercado.

Es por ello que Doberssan(2000) menciona: *“En el mundo globalizado y competitivo que hoy nos toca vivir, ninguna empresa puede desconocer las herramientas que utilizan aquellas que se destacan y triunfan dentro del sistema”* (p.7).

El sector manufacturero en el Perú, es uno de los principales motores del desarrollo económico en el país, donde la gestión de operaciones constituye un área clave dentro de cualquier organización, debido a que la producción es uno de los procesos que generan mayores costos en cualquier empresa manufacturera.

La metodología *Lean Manufacturing* abarca un conjunto de herramientas que buscan las mejoras de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de desperdicio ajustando la producción a la demanda del cliente. Madariaga (2018) lo define como: *“Lean Manufacturing es un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación mediante la eliminación constante del desperdicio”* (p. 9).

La Empresa Metalmecánica presenta problemas de competitividad en el rubro metalmecánico debido al incremento de competidores nacionales y extranjeros generando pérdida en la participación del mercado, motivo por el cual el área de Planeamiento y Control de la Producción (PCP) considerada un área estratégica de la gestión de operaciones se encarga de realizar las mejoras del proceso productivo implementando la metodología *Lean Manufacturing* con la finalidad de mejorar el sistema de producción de la empresa.

Para la ejecución del plan de mejora se realiza el análisis del proceso productivo, con la finalidad de identificar los procesos críticos generadoras de pérdidas en el proceso, en función a ello se implementan las herramientas del *Lean Manufacturing* como el SMED, Estandarización de Operaciones y el JIT, para ello es importante

el compromiso de toda la organización, respeto al trabajador y búsqueda permanente de la mejora continua a través de los grupos Kaizen (“Mejora continua”).

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema General

PG ¿Cómo implementar el Lean Manufacturing, para mejorar el sistema de producción en una empresa metalmecánica?

1.2.2. Problemas Específicos

PE₁ ¿Cómo contribuye la implementación del Single Minute Exchange of Die (SMED) en la reducción de los costos en el proceso de Roll Forming postes y perfiles en una empresa metalmecánica?

PE₂ ¿Cómo contribuye la implementación de la Estandarización de Operaciones en la mejora de la calidad en el proceso de Granalla en una empresa metalmecánica?

PE₃ ¿Cómo contribuye la implementación del Just in Time (JIT) en la reducción del tiempo de fabricación en el proceso productivo en una empresa metalmecánica?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

1.3.1. Justificación Teórica

En la presente investigación se realiza la implementación del *Lean Manufacturing* en una empresa metalmecánica, a través de sus herramientas como el SMED, Estandarización de Operaciones y el JIT en las áreas críticas del proceso productivo, con la finalidad de mejorar su sistema de producción, los cuales se traducen en rentabilidad y competitividad para la empresa.

1.3.2. Justificación Práctica

El estudio permite verificar la implementación de las herramientas propuestas del Lean Manufacturing en el mejoramiento del sistema de producción en una empresa metalmecánica a través de un análisis comparativo entre la situación inicial y final del proceso productivo los cuales son medidos y cuantificados a través de indicadores de costo, calidad y tiempo.

1.3.3. Justificación metodológica

En el presente estudio se analiza la cadena de valor del proceso productivo de La Empresa Metalmecánica, para identificar los desperdicios que generan pérdidas en el proceso productivo, a posteriori se implementan las herramientas del Lean Manufacturing como el SMED, Estandarización de Operaciones y JIT con la finalidad de mejorar su sistema de producción.

La implementación será medida a través de los indicadores como son la producción mensual, el costo de parada por mes, los reprocesos por mes y el tiempo de entrega los cuales son valorizados y analizado en el impacto económico de la implementación.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

OG Mejorar el sistema de producción de una empresa metalmecánica, a través de la implementación del Lean Manufacturing.

1.4.2. Objetivos Específicos

OE₁ Reducir los costos en el proceso de Roll Forming postes y perfiles en una empresa metalmecánica a través de la implementación del Single Minute Exchange of Die (SMED).

OE₂ Mejorar la calidad en el proceso de Granalla en una empresa metalmecánica a través de la implementación de la Estandarización de Operaciones.

OE₃ Reducir el tiempo de fabricación del proceso productivo en una empresa metalmecánica a través de la implementación del Just in Time (JIT).

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

El acero es una aleación de hierro con un porcentaje de carbono que puede variar entre 0.03% y 1.075% en peso de su composición, dependiendo del grado de acero, además al ser maleable y resistente, es apto para su gran diversidad de uso, resiste altas y bajas temperaturas, evita que se acumule la suciedad en su superficie, es durable y de bajo costo de mantención; esta variedad y disponibilidad lo hace apto para numerosos usos en diversos campos como la construcción de maquinarias, herramientas, edificios, obras públicas, aeronáutica, industria automotriz, instrumental médico, etc. contribuyendo al desarrollo tecnológico de las sociedades industrializadas, pues ningún material logra igualarlo cuando se trata de resistencia al impacto.

Es por ello que el acero es el recurso de vital importancia para la ejecución de los procesos productivos en toda empresa metalmeccánica.

Según Alacero (2017) en el Perú se tiene una producción de acero crudo de 1.3 millones de toneladas anuales el cual representa el 2% de la producción de acero crudo en América Latina. Sin embargo, el mayor productor de acero crudo en el mundo es China con 803.8 millones de toneladas anuales el cual representa el 61% de la producción mundial. **(Ver Anexo 01).**

Según Alacero (2017) el consumo de productos laminados en el Perú es de 3.4 millones de toneladas anuales el cual el 18% son usados para productos metálicos. El consumo de Perú representa el 5.05% del consumo en América Latina. **(Ver Anexo 02).**

Es por ello que, en un mercado tan competitivo, globalizado y con clientes cada día más exigentes, generan que el sector metalmeccánico sea cada vez más flexible y adaptable a las necesidades de los clientes en términos de costos, calidad y tiempo.

La metodología Lean Manufacturing, sirve para mejorar los sistemas de producción a través de la eliminación de todas aquellas actividades que no agregan valor al proceso, lo cual genera que las empresas optimicen sus recursos valiosos para la ejecución de sus procesos productivos y obtengan los mejores resultados; por lo tanto, la aplicación del Lean Manufacturing tiene un papel muy importante ya que generan respuestas rápidas a las necesidades de los clientes, a través de personas capaces y procesos lean.

2.1. Antecedentes de la investigación

Investigación a nivel Internacional

Aguirre, (2014), realizó la investigación: *Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las pymes*. Universidad Nacional de Colombia. La investigación realizada llegó a las siguientes conclusiones:

1. Las herramientas del Lean Manufacturing son más utilizadas en los eslabones de producción y logística del sector productivo.
2. La estandarización de ajustes y limpieza con la implementación de las 5S aplicado en las máquinas tuvo una mejora significativa del tiempo de set-up con un incremento de la Efectividad Global del Equipo (OEE) en un 10% tal como se visualiza entre los resultados obtenidos.
3. Una implementación exitosa del Lean Manufacturing depende del grado de compromiso, debido a que es una metodología del largo plazo que implica un cambio de cultura en la organización.

La autora de la tesis propone dentro de su trabajo de investigación ideas muy importantes de las cuales concuerdo como las siguientes:

1. La aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing depende mucho de la necesidad organizacional en su planeación estratégica.
2. Lean Manufacturing tiene como base mejorar el sistema productivo a través de la eliminación de los desperdicios, optimizando la cadena de valor desde el punto de vista del cliente.
3. La estandarización de procesos es el punto de partida para la mejora de procesos y la implementación de las herramientas Lean.

Asimismo, Concha y Barahona, (2013), realizó la investigación: *Mejoramiento de la productividad en la empresa Induacero Cia.Ltda. en base al desarrollo e implementación de la metodología 5S y VSM, herramientas del Lean Manufacturing*. Universidad Riobamba de Ecuador del cual se destaca:

1. La implementación de las herramientas 5S y Mapeo de Proceso (VSM) del Lean Manufacturing reduce actividades y tiempos muertos que no agregan valor permitiéndolo adaptarse a las exigencias del mercado, mejorando la calidad de vida del personal.

2. La implementación logra incrementar en un 15% las actividades de producción en planta demostrando que la implementación es factible tanto en forma técnica, económica como social.
3. La implementación de la herramienta de las 5S se realiza con capacitación y evaluación permanente de cada uno sus “S”, utilizando de manera eficiente los recursos de la empresa, así como el talento humano.

Los autores de la tesis proponen dentro de su trabajo de investigación ideas muy importantes de las cuales concuerdo como son:

1. El Mapeo de proceso (VSM) es la base de la metodología Lean Manufacturing que permite obtener una visión del estado actual y la identificación de los desperdicios dentro del proceso.
2. Una correcta implementación del Lean Manufacturing genera reducción de costos, mejora de la calidad y reducción de los tiempos de entrega lo cual son requisitos para competir en el mercado actual.
3. La implementación de la herramienta 5S se comienza con una prueba piloto con el fin de adaptarse y generar un cambio cultural, luego se debe realizar su implementación en todas las demás áreas de la empresa.

Por su parte Castrejón, (2013), realizó la investigación: *Implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el área de empaque de un laboratorio farmacéutico*. Universidad Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas de México. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

1. La implementación de las herramientas del Lean Manufacturing como el Kaizen, 5S y la estandarización de ajuste y limpieza lograron incrementar en un 30% la Efectividad Global del Equipo (OEE).
2. La estandarización del ajuste y limpieza y la implementación de las 5S es la base para la implementación de nuevas herramientas como el Mantenimiento Total Productivo (TPM).
3. La estandarización de los procesos es importante dentro del proceso productivo debido a que disminuye la variabilidad del proceso.

La autora de la tesis propone dentro del contexto ideas muy importante de las cuales concuerdo como:

1. El OEE es un indicador importante que mide la eficiencia de los procesos a través de la medición de la calidad, productividad y disponibilidad.

2. La estandarización de los procesos disminuye los tiempos de set-up (tiempo conformado por los ajustes, limpiezas y documentación entre lote y lote).
3. Las empresas que adopten la metodología Lean Manufacturing han convertido su producción de complicados y robustos en simples y flexibles.

Investigación a nivel Nacional

Araníbar, (2016), realizó la investigación: *Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los conocimientos y herramientas del Lean Manufacturing convierten en verdaderos agentes del cambio a las organizaciones.
2. El Lean Manufacturing reduce los plazos de servicio al mínimo utilizando sólo los recursos imprescindibles y asegurando la calidad esperada en todo momento.
3. El Lean Manufacturing mejora la productividad de la empresa en un 100%, ya que se consigue duplicar el flujo de producción de la fase inicial.
4. La metodología Kanban reduce los costos y aumenta la productividad del proceso.

El autor de la tesis, propone dentro del contexto ideas muy importante de las cuales concuerdo como son:

1. La aplicación del Lean Manufacturing en forma correcta y completa conduce al éxito ya que genera ventajas competitivas en el mercado actual.
2. La dirección de operaciones constituye un área clave para cualquier organización productiva, ya que genera los mayores costos de la empresa.
3. Las herramientas Kanban son importantes debido a su simplicidad de comunicación y manejo, evitando tradicionales errores de información y producción.
4. Lean Manufacturing tiene como finalidad la satisfacción del cliente aplicando los sistemas de producción pull (producción a pedido) que es el contraste con el ciclo industrial tradicional (Sistema Push-producción por stock).

Asimismo, Díaz, (2016), realizó la siguiente investigación: *Mejoras de procesos en la industria de neumáticos mediante la metodología de optimización de planta*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

1. Es realmente posible optimizar los procesos productivos utilizando como referencia una metodología con el involucramiento y compromiso de la gerencia y el personal operativo.
2. Para incrementar la competitividad de las empresas, es necesario establecer estrategias generales de mantenimiento que incluyan aspectos financieros, integridad mecánica de los equipos, buenas prácticas y conservar el capital intelectual.
3. La implementación de la optimización de planta representa una inversión, que, a mediano y largo plazo, se obtendrán ganancias no sólo para la empresa, a la cuál esta inversión se les revertirá en las mejoras en su producción, sino también en el bienestar que representan tener colaboradores capacitados, con la moral alta y actuando con conductas íntegras.
4. En el presente siglo, las áreas de mantenimiento han sufrido grandes cambios y transformaciones, dejando de ser visto como un centro de costo a un proceso integral que contribuye en la generación de valor del negocio.

La autora de la tesis, propone dentro del contexto ideas muy importantes de las cuales concuerdo como son:

1. La ventaja entre la producción lean con la producción en masa, generan un cambio de pensamiento en la forma de producir, sistemas de producción flexibles, reducción de inventarios, disminución de costos de producción y reducción del tiempo de entrega.
2. El respeto en el trabajador y la mejora continua enfocado en los procesos son pilares fundamentales del Sistema de Producción de Toyota (TPS).
3. Para que una metodología sea sostenible en el tiempo por su larga duración de implementación, requiere el compromiso de todos los integrantes de la organización para que puedan alcanzar con éxito la excelencia operacional.

Por su parte Palomino, (2012), realizó la investigación: *Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú. La investigación llegó a la siguiente conclusión:

1. La aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing le proporcionan a la empresa una ventaja competitiva en calidad, flexibilidad y cumplimiento, que al largo plazo se verán reflejados en el aumento de las ventas y una mayor utilidad por parte de la empresa.
2. La implementación de las herramientas SMED, JIT y 5S generan ahorros muy significativos en los procesos productivos y además generan un cambio en la cultura organizacional.
3. La aplicación del Lean ayuda significativamente a combatir los problemas de rendimiento y productividad en las líneas de envasado de lubricantes.

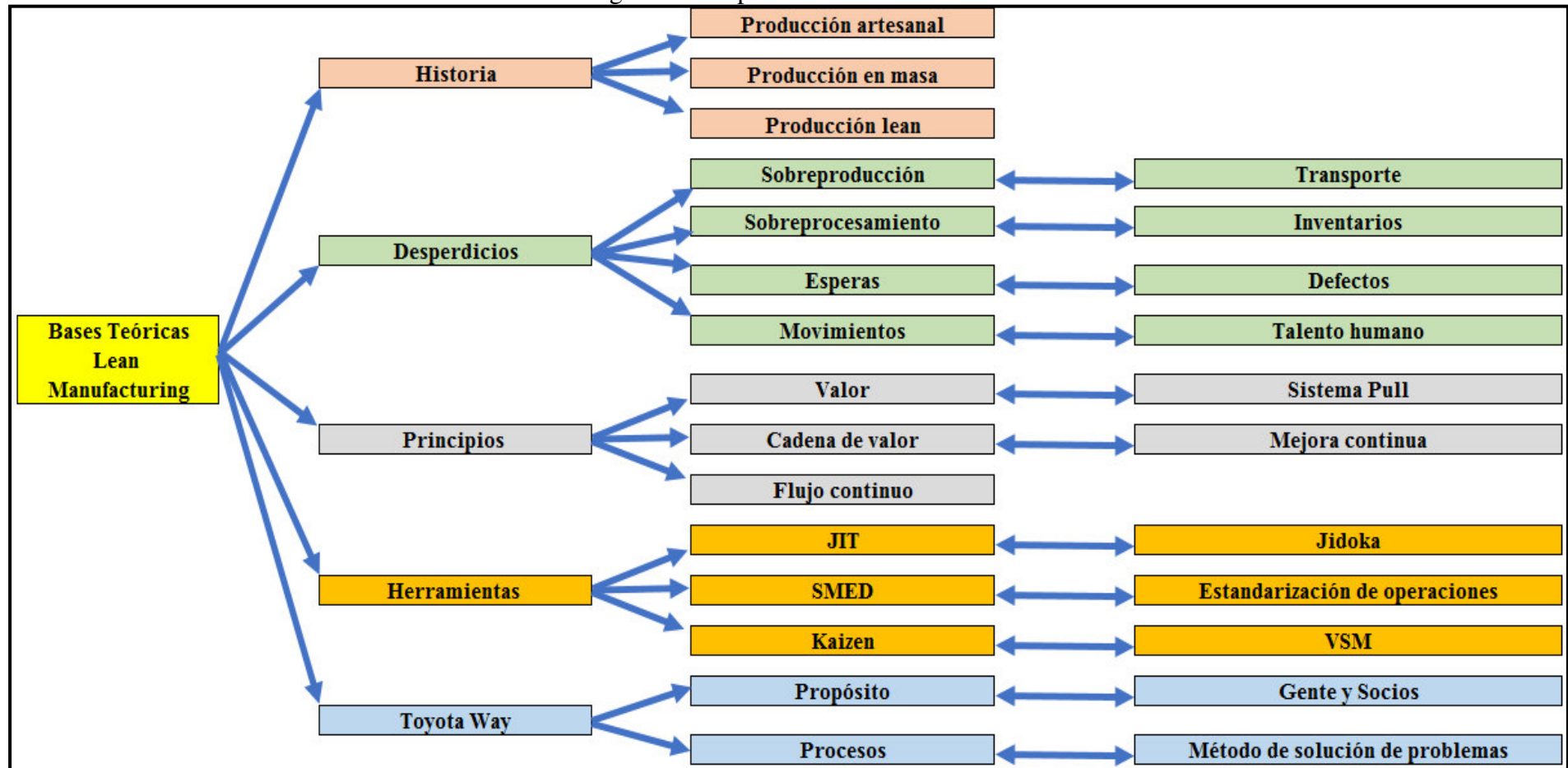
El autor de la tesis, propone dentro del contexto ideas muy importantes de las cuales concuerdo como son:

1. El respeto a los trabajadores y la mejora continua son los pilares fundamentales para ser una empresa Lean.
2. La aplicación de las herramientas del JIT genera un cambio cultural en las organizaciones ya que se trabajan solo con los recursos mínimos necesarios para la ejecución de las actividades productivas.
3. La realización de la implementación requiere del involucramiento de toda la organización para su ejecución exitosa.

2.2. Bases Teóricas

En este subcapítulo del marco teórico, se explica los fundamentos conceptuales de la metodología Lean Manufacturing que sirven como base teórica de la investigación realizada. En la Figura 2.1 se muestra el mapa de la base teórica el cual se subdividió en 4 capítulos donde se explican y detallan la metodología Lean tales como sus orígenes e historia, los siete desperdicios, los cinco principios y la filosofía del Toyota Way (Las 4P del TPS).

Figura 2.1 Mapa de la Base Teórica



Fuente: Elaboración propia

2.2.1. Historia

1. Producción Artesanal:

Es un sistema de producción realizada entre la segunda mitad del siglo XVIII y finales del siglo XIX, entre sus principales características son una baja automatización, alta personalización, un alto nivel de cualificación de los operarios, producción unitaria, poca flexibilidad y sus altos costos por producto.

Debido a sus altos costos, baja producción y tiempos de respuestas largos fueron las problemáticas de este sistema de producción el cual fue reemplazado por el sistema de producción en masa de Henry Ford (1863-1947).

2. Producción en Masa

La producción en masa tuvo como pionero a Henry Ford, quien se basa en los principios de Frederick Taylor (“Padre de la Ingeniería Industrial”) el cual se enfoca en la separación de la planificación y la ejecución del trabajo, análisis de la división del trabajo y la asignación al trabajador a tareas cortas, repetitiva y fáciles de aprender.

Entre sus aportaciones y la de mayor influencia fue la implantación de la línea de montaje móvil, el cual generó un impacto positivo a nivel mundial en la producción automotriz.

La producción en masa se caracteriza por un bajo nivel de cualificación de los operarios, producción de muchas unidades por producto (economía de escala), problemas de calidad, modelos inflexibles, máquinas unipropósito costosas, altos inventarios, altos reprocesos realizando un sistema de producción push.

Por tal motivo debido a sus sobre costos por los altos inventarios e inflexibilidad en los procesos fue reemplazado por el sistema de producción Lean.

3. Producción Lean

A. Orígenes

Esta metodología tiene sus orígenes en Japón debido a la coyuntura económica e histórica que vivía Japón después de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) y en contrapuesta a la metodología de producción en masa aplicada por los EE.UU. debido a que el único recurso valioso que disponían era el talento humano, la cual generó un cambio de paradigma y cultural dentro del mundo industrial.

Es por ello que Womack & Jones (2017) resume el origen de Lean de la siguiente manera: *“Ninguna idea surge realmente del vacío. Al contrario, las ideas nuevas surgen de un conjunto de condiciones en la que no parecen funcionar ya las antiguas. La producción Lean surgió en un momento determinado por que las ideas convencionales parecían no funcionar en el desarrollo industrial de ese país”* (p. 31).

Esta metodología tiene como pionero a Sakichi Toyoda y su hijo Kiichiro Toyoda quienes aportaron herramientas como el Jidoka y JIT que son los pilares fundamentales del pensamiento Lean. Después de la Segunda Guerra Mundial las empresas manufactureras japonesas se vieron afectadas económicamente, razón por la cual no podían implementar el sistema de producción de masa debido a sus altos costos del sistema, es por ello que Eiji Toyoda junto a Taiichi Ohno implementan un nuevo sistema de producción que es conocido como Sistema de Producción Toyota (TPS).

El Sistema de Producción Toyota ,toma mayor importancia en el mundo industrial debido a su rápida recuperación después de la crisis del Petróleo(1971), es por ello que el Instituto Tecnológico de Massachusetts en coordinación con la industria automotriz crea el Programa Internacional de Vehículo Motor(1984-1990), que estaba conformado por los mejores profesionales y especialistas del rubro automotriz quienes tenían como objetivo investigar el Sistema de Producción Toyota, el cual destacaron las ventajas de la manufactura de Toyota con respecto al mundo industrial debido a su sistema de producción sin desperdicios, ágil y esbelto.

Recién en 1990 James Womack, Daniel Jones y Daniel Ross resumen sus investigaciones realizadas al Sistema de Producción Toyota en su libro: “La máquina que cambió el mundo”, asignando de esta manera el término de Lean Manufacturing al Sistema de Producción Toyota (TPS).

De esta manera surge la metodología Lean Manufacturing aplicada al Sistema de Producción Toyota con la finalidad de ser más flexible y adaptable a las necesidades del mercado, creando valor desde el punto de vista del cliente, ya que es la persona quien mantiene activa el proceso.

En la Tabla 2.1 se hace una comparación de estos dos tipos de producción, donde la producción en masa tiene como enfoque una producción sin parar, en cambio la producción Lean tiene como objetivo cabal la calidad perfecta a la primera es decir sin reprocesos.

Tabla 2.1 Comparación según el tipo de producción

Producción en Masa	Sistema de Producción Toyota
Grandes lotes de fabricación	Lotes reducidos
Muchos inventarios	Pocos inventarios
Sistemas push (Empuje)	Sistemas pull (Jalar)
Visión a corto plazo	Visión a largo plazo
Layaout por proceso	Layaout por productos
Poca variedad de productos	Gran variedad de productos
Calidad deficiente	Calidad elevada
Producir sin parar	Calidad perfecta a la primera

Fuente: Elaboración propia

B. Definición

La metodología Lean Manufacturing es un sistema integral de producción y gestión que se basa en la optimización de los procesos productivos a través de la eliminación de los desperdicios ajustando la producción a la demanda del cliente, generando un cambio cultural en la manera de pensar para diseñar, fabricar, aprovisionarse, distribuir y vender generando fluidez y flexibilidad en sus procesos productivos.

A continuación, se destaca algunos conceptos de los pioneros de la metodología Lean:

Taiichi Ohno (1950): *“Mi mayor contribución fue construir un sistema de producción que pudiera responder sin desperdicios a los cambios del mercado y que por su propia naturaleza redujera costos”*.

Womack y Jones (2017): *“La principal característica de la producción Lean es el foco de este sistema que es la perfección, ya que busca la reducción continua de los costos, cero defectos, cero existencias e infinita variedad de productos”*.

Es por ello que las características del sistema de producción Lean Manufacturing son el flujo de trabajo continuo, pequeños lotes de producción, producción sincronizada acorde a la demanda del cliente, prevención de defectos, trabajo en equipo multifuncional y la eliminación de los desperdicios.

Una correcta implementación del Lean Manufacturing en las organizaciones generan ventajas competitivas como el incremento de la capacidad de producción, mejora en los tiempos de entrega, mejora de la calidad, reducción de los tiempos de cambios de herramientas, incremento de la productividad, reducción de costos, reducción de la variabilidad del proceso y reducción de inventarios.






2.2.2. Desperdicios

Los desperdicios también son conocidos como “muda”, “waste” o “despilfarros” son actividades, procesos, tiempos, espacios, materiales, personas, esfuerzo que añaden costo al producto y/o servicio sin añadir valor al proceso, es por ello que no son necesarios para el sistema o proceso.

Es por ello que Shigeo Shingo menciona que: *“La eliminación de desperdicios es el corazón de la creación de los procesos Lean, es por ello que existen herramientas y técnicas para la eliminación de cada uno de los desperdicios. Los desperdicios más peligrosos, son los desperdicios que no se reconocen”*.

En la Tabla 2.2 se detallan las actividades del sistema que representan valor desde la perspectiva del cliente.

Tabla 2.2 Actividades del proceso productivo

		Símbolo	Valor para el cliente
Proceso de Producción	Actividad (Añade valor)		SI
	Transporte (Movimiento)		NO
	Control (Inspección)		NO
	Stock (WIP)		NO
	Espera		NO

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se explica los 7+1 grandes desperdicios mortales que se encuentran en todo proceso productivo.

- 1) **Sobreproducción:** Es producir demasiado y/o antes de lo que necesita el cliente y/o el proceso siguiente, originando un mal flujo de información, productos e inventarios.
- 2) **Sobre procesamiento:** Es procesar mayor cantidad de partes y materiales que el mínimo requerido para atender los pedidos de los clientes.
- 3) **Esperas:** Es el tiempo inactivo cuando personas, materiales, información o equipo no están disponibles cuando se requiere. El recurso más valioso de una empresa es el tiempo debido a que es un recurso no recuperable.
- 4) **Movimientos:** Es el conjunto de movimientos y/o desplazamientos innecesarios de las personas dentro de un proceso. Es un desperdicio en la forma de trabajar de la persona.

- 5) **Transporte:** Es el tiempo invertido perdido realizado por el movimiento de materiales y personas que no agregan valor al producto o servicio utilizando algún medio de transporte.
- 6) **Inventarios:** Es la mayor cantidad de partes y/o materiales que el mínimo requerido para atender los pedidos de los clientes
- 7) **Defectos:** Cualquier producto o servicio que no cumpla con las especificaciones técnicas del cliente, el cual repercute en un mayor costo, generando un mayor tiempo de fabricación.
- 8) **Talento Humano:** Es el desperdicio más desaprovechado y valioso que poseen las organizaciones. La creatividad y/ habilidades no utilizada de los empleados son pérdidas del potencial humano, teniendo en cuenta que son ellos quienes poseen el “Know-How” de los procesos productivos.

2.2.3. Principios

Los 5 principios de la metodología Lean Manufacturing son:

- 1. **Valor:** Es todo aquello por lo que el cliente final está dispuesto a pagar, el valor lo establece el cliente y lo crea el fabricante. Todo aquello que hace que se cumplan, las funcionalidades esperadas por parte del cliente, con un nivel de calidad esperado, a un costo óptimo esperado y en un plazo de tiempo requerido.
- 2. **Cadena de Valor:** Es el conjunto de acciones con o sin aporte de valor necesarios para obtener un determinado producto o servicio. El Mapa de Procesos (VSM) es una descripción gráfica de la cadena de valor utilizando símbolos estandarizados con la finalidad de hacer visible el flujo de información y materiales de manera global.
- 3. **Flujo Continuo:** Es la fabricación de piezas una a una pasando cada una de ellas inmediatamente al proceso siguiente sin interrupciones.
- 4. **Sistemas Pull:** Producir contra la demanda, producir lo que se ha vendido. La producción tiene que fluir hacia los clientes al ritmo al que ellos lo soliciten.
- 5. **Mejora continua:** Tiene como base la mejora continua en una organización a través del ciclo de aprendizaje PDCA el cual tiene como objetivo la búsqueda permanente de la perfección.

2.2.4. Toyota Way

El resumen de los principios del Lean Manufacturing se realiza en el Toyota Way, el cual consolida el TPS, se basa en la búsqueda de la mejora continua y el respeto a las personas que son las claves del éxito.

Según J. Liker (2011) menciona:

“El éxito de Toyota al implementar estas herramientas proviene de la filosofía más profunda del negocio, basada en la comprensión y en la motivación de la gente. Su éxito está finalmente fundamentado en su habilidad para cultivar el liderazgo, los equipos y la cultura, para proyectar una estrategia, para construir relaciones con los proveedores y mantener una organización de aprendizaje” (p. 29).

El Toyota Way se clasifican en 14 principios los cuales son resumidos en las 4P (Ver Figura 2.2) que se detallan a continuación:

- A. Propósito:** El objetivo de la compañía es agregar valor para los clientes, para ello realiza una inversión a largo plazo para construir una organización del aprendizaje de forma que se puedan adaptar a los cambios del entorno y sobrevivir como organización productiva.
- B. Procesos:** Tiene como premisa “los procesos correctos producirán resultados correctos”. El flujo es la clave para conseguir la mejora de la calidad y los procesos.
- C. Gente y Socios:** Para añadir valor a una organización esta debe desarrollar a sus colaboradores y proveedores.
- D. Resolución de problemas:** Se resume en el aprendizaje continuo, para resolver la causa raíz de los problemas, el cual permite tener una organización de aprendizaje.

Figura 2.2 Pirámide del Toyota Way



Fuente: Elaboración Propia

2.3. Marco conceptual

En este subcapítulo se detallan las herramientas aplicadas del Lean para la mejora del sistema de producción.

Los objetivos del Lean Manufacturing se sustentan en dos pilares que son el Just in time (JIT) y Jidoka (“automatización con un toque humano”), las cuales se apoyan en las bases de la estabilidad operacional, creando de esta manera la casa del TPS.

En la Figura 2.3 se muestra la casa del TPS el cual está conformado por los cimientos (estandarización, estabilidad, liderazgo, respeto, confianza y cooperación), los pilares (Jidoka y Just in Time), el cual tienen como objetivo la mejora de la calidad, reducción de costos y eliminación de los desperdicios.

Figura 2.3 Casa del Sistema de Producción Toyota



Fuente: Elaboración propia

2.3.1 Just in time (JIT)

Es una filosofía que persigue la reducción de los desperdicios desde la adquisición de la materia prima hasta la expedición del producto final. El objetivo principal de la filosofía Just in time radica en eliminar del proceso productivo todo aquello que no agregue valor al producto y/o proceso.

Madariaga (2018) lo define como: *“El propósito del Just in Time es fabricar lo que se necesita y la cantidad que se necesita utilizando máquinas simples y el mínimo de materiales, mano de obra y espacio”* (p. 75).

El sistema Just in time tiene cuatro objetivos esenciales que son atacar los problemas fundamentales, eliminación de los desperdicios, búsqueda de la simplicidad y el diseño de los sistemas para identificar problemas.

Entre las herramientas de implementación del pilar Just in time son el Kanban, SMED, estandarización de operaciones, flujo por pieza y células de producción.

2.3.2 Single Minute Exchange of Die (SMED)

Es también conocido como “Cambio rápido de herramientas”, tiene como objetivo reducir o minimizar los tiempos de set-up de cada proceso productivo. Para ello se clasifica en dos tipos de preparaciones de operaciones:

- **Las preparaciones de operaciones internas:** Es el cambio de herramientas que son realizados cuando la máquina está detenida, el cual no genera producción efectiva.
- **Las preparaciones de operaciones externas:** Es el cambio de herramientas que son realizados cuando la máquina está en marcha, sin afectar la producción efectiva.

Las etapas de la implementación de la herramienta SMED son:

Paso 1: Observe, registre y analice el proceso.

Paso 2: Reconozca y separe las Operaciones Internas y Operaciones Externas.

Paso 3: Convierta las Operaciones Internas a Externas.

Paso 4: Haga más eficiente todas las actividades.

Paso 5: Documente las mejoras del proceso.

Entre los objetivos del SMED son la mejora de la flexibilidad en los procesos, el incremento de la productividad, mejora de la calidad, disminución de los costos e incremento de la capacidad de producción y disponibilidad de los procesos.

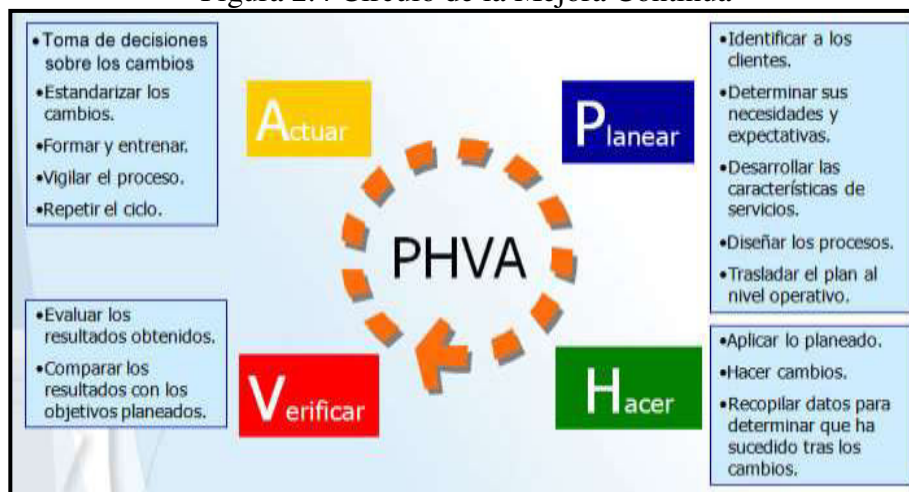
2.3.3 Kaizen

La palabra Kaizen proviene de dos vocablos japoneses, Kai: “Cambio” y Zen “Bueno”, cuyo significado es “Cambio bueno” que tiene como esencia el mejoramiento continuo.

Es una filosofía que se tiene como base propuesta por Masaaki Imai: *“Nunca se llega a aprender todo, pues todo se puede siempre mejorar y hacer de otra forma diferente prevaleciendo la creatividad ante la inversión”*.

El Kaizen tiene como metodología base el ciclo de mejora continua o también conocido como “el círculo del PDCA” tal como se detalla en la Figura 2.4.

Figura 2.4 Círculo de la Mejora Continua



Fuente: Elaboración propia

2.3.4 Estandarización de operaciones

Es definido por Madariaga (2018) como: “*La estandarización persigue la eliminación del despilfarro y la reducción de la variación, es la base de la mejora de la eficiencia y consiste en establecer estándares y trabajar de acuerdo a los mismo*” (p. 59).

Es por ello que la productividad aumenta mientras la variabilidad disminuye, la estabilidad tiene como objetivo producir resultados consistentemente a través del tiempo, es decir realizar una determinada operación siempre de la misma manera y en el mismo tiempo, bajo unas pautas establecidas de modo que se obtiene resultados repetitivos.

2.3.5 Value Stream Mapping (VSM)

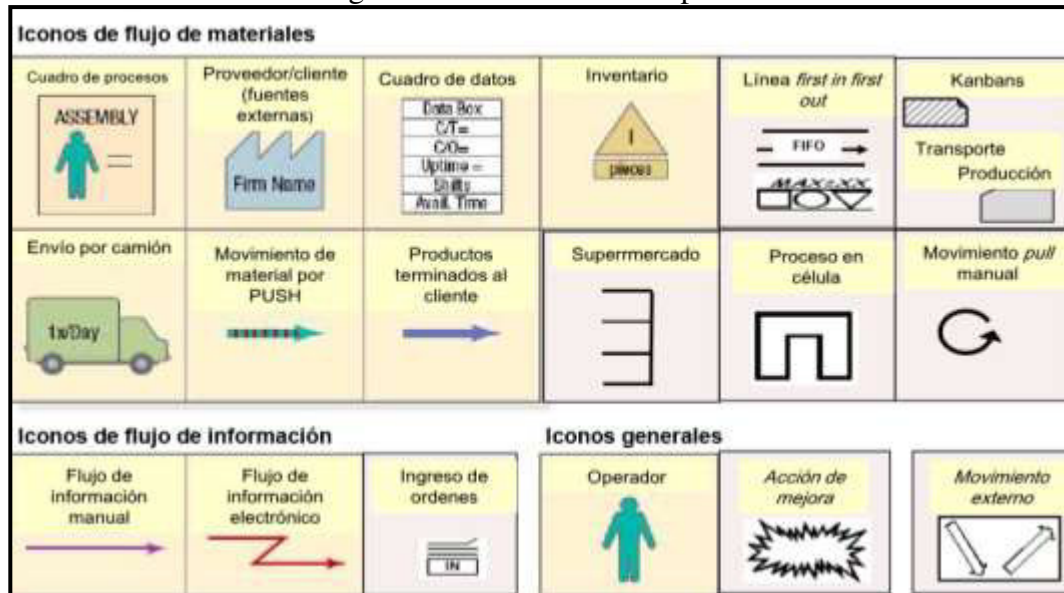
Es la descripción gráfica de la cadena de valor usando símbolos estandarizados (Ver Figura 2.5). El mapa de flujo de valor permite visualizar sobre el papel la secuencia de actividades necesarias para la transformación del producto y facilita la identificación del desperdicio que existe en el proceso y analizar sus causas para poder implementar las mejoras respectivas.

Es definido por Madariaga (2018) como: “*Un VSM es una representación gráfica, mediante símbolos específicos, del flujo de materiales y del flujo de información a lo largo de la corriente de valor de una familia de productos*” (p. 228).

Los pasos para una correcta implementación de la herramienta se muestran a continuación:

- Identificar el producto, familia de productos o servicio.
- Determinación del VSM Actual.
- Determinación del VSM Futuro.
- Establecer los pasos necesarios para lograr la situación futura.
- Implementación.

Figura 2.5 Símbolos del Mapa de Proceso



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis General

HG La implementación de la metodología Lean Manufacturing mejora el sistema de producción de una empresa metalmecánica.

3.2. Hipótesis Específica

HE₁ La implementación del Single Minute Exchange of Die (SMED) reduce los costos en el proceso de Roll Forming postes y perfiles de la empresa metalmecánica.

HE₂ La implementación de la Estandarización de Operaciones mejora la calidad en el proceso de Granalla de la empresa metalmecánica.

HE₃ La implementación del Just in Time (JIT) reduce el tiempo de fabricación en el proceso productivo de la empresa metalmecánica.

3.3. Variables

De acuerdo a la Tabla 3.1, se muestra las variables independientes y dependientes de la presente investigación.

Además, en la Tabla 3.2 se muestra la matriz de consistencia del presente trabajo de investigación.

Tabla 3.1 Operacionalización de Variables

HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLES	INDICADORES
La implementación del SMED reduce los costos en el proceso de Roll Forming postes y perfiles de la empresa metalmeccánica.	Variable Independiente: Costos de Paradas Programadas	Tiempo de Paradas Programadas Producción del Proceso de Roll Forming Costo del Proceso
	Variable Dependiente: Mejora de la producción en una empresa metalmeccánica	Producción Mensual (TN)
La implementación de la Estandarización de Operaciones mejora la calidad en el proceso de Granalla de la empresa metalmeccánica.	Variable Independiente: Calidad	Tiempo de reproceso Producción del Proceso Granalla Costo del proceso
	Variable Dependiente: Mejora de la producción en una empresa metalmeccánica	Producción Mensual (TN)
La implementación del JIT reduce el tiempo de fabricación en el proceso productivo de la empresa metalmeccánica.	Variable Independiente: Lead Time de Fabricación	Lead Time de Producción Nivel de Inventarios Costo del proceso
	Variable Dependiente: Mejora de la producción en una empresa metalmeccánica	Producción Mensual (TN)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.2 Matriz de consistencia

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cómo implementar el Lean Manufacturing, para mejorar el sistema de producción en una empresa metalmecánica?	Mejorar el sistema de producción de una empresa metalmecánica, a través de la implementación del Lean Manufacturing.	La implementación de la metodología Lean Manufacturing mejora el sistema de producción de una empresa metalmecánica	Variable Independiente: Lean Manufacturing Variable Dependiente: Mejora de la producción en una empresa metalmecánica		
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cómo contribuye la implementación del Single Minute Exchange of Die (SMED) en la reducción de los costos en el proceso de Roll Forming postes y perfiles en una empresa metalmecánica?	Reducir los costos en el proceso de Roll Forming postes y perfiles en una empresa metalmecánica a través de la implementación del Single Minute Exchange of Die (SMED).	La implementación del Single Minute Exchange of Die (SMED) reduce los costos en el proceso de Roll Forming postes y perfiles de la empresa metalmecánica.	Variable Independiente: Costos de Paradas Programadas Variable Dependiente: Mejora de la producción en una empresa metalmecánica	Tiempo Peso Costo Peso	Tiempo de Paradas Programadas Producción del Proceso de Roll Forming Costo del Proceso Producción Mensual (TN)
¿Cómo contribuye la implementación de la Estandarización de Operaciones en la mejora de la calidad en el proceso de Granalla en una empresa metalmecánica?	Mejorar la calidad en el proceso de Granalla en una empresa metalmecánica a través de la implementación de la Estandarización de Operaciones.	La implementación de la Estandarización de Operaciones mejora la calidad en el proceso de Granalla de la empresa metalmecánica.	Variable Independiente: Calidad Variable Dependiente: Mejora de la producción en una empresa metalmecánica	Tiempo Peso Costo Peso	Tiempo de reproceso Producción del Proceso Granalla Costo del proceso Producción Mensual (TN)
¿Cómo contribuye la implementación del Just in Time (JIT) en la reducción del tiempo de fabricación en el proceso productivo en una empresa metalmecánica?	Reducir el tiempo de fabricación del proceso productivo en una empresa metalmecánica a través de la implementación del Just in Time (JIT).	La implementación del Just in Time (JIT) reduce el tiempo de fabricación en el proceso productivo de la empresa metalmecánica.	Variable Independiente: Lead Time de Fabricación Variable Dependiente: Mejora de la producción en una empresa metalmecánica	Tiempo Peso Costo Peso	Lead Time de Producción Nivel de Inventarios Costo del proceso Producción Mensual (TN)

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación

Según (Sampieri, Collado & Lucio, 2014, p.92) Investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice”.

Según (Sampieri, Collado & Lucio, 2014, p.4) “El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base a la medición numérica y los análisis estadísticos, para establecer patrones de comportamiento y probar teoría”.

La presente tesis es un estudio descriptivo de enfoque cuantitativo pues se recolectarán datos sobre los diferentes aspectos del sistema de producción de la empresa a investigar y se realizará un análisis y medición de las mejoras implementadas.

4.2. Diseño de investigación

La presente tesis de investigación es no experimental, transversal, descriptivo.

Según (Sampiere, Collado & Lucio, 2014, p. 152) “La investigación no experimental son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observa los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos”.

Según (Sampiere, Collado & Lucio, 2014, p. 154) “La investigación de diseño transversal son investigaciones que recopilan datos en un momento único”

4.3. Población y muestra

La población de estudio comprende todos los procesos del sistema de producción de La Empresa Metalmecánica tales como son el proceso de roll forming, corte, prensa y doblez, soldadura, Granalla y Pintura.

La muestra de análisis comprende los procesos más críticos del proceso, donde se encuentran los mayores desperdicios del proceso productivo de acuerdo al análisis realizado de la situación inicial con la finalidad de implementar las mejoras propuestas para mejorar su sistema de producción.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se recogerán los datos actuales de La Empresa Metalmecánica, a través de los reportes del área de Planeamiento y Control de la Producción y se realizará el Mapeo del Proceso (VSM) a través de la técnica de observación participativa para poder determinar los procesos más críticos en donde se realiza la implementación de la metodología Lean Manufacturing y se analiza su impacto económico de la mejora realizada en el sistema de producción.

Entre los instrumentos de recolección de datos usados en la investigación son los reportes de producción, productividad diaria, el lead time de abastecimiento y los tiempos de fabricación de cada proyecto.

4.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

A través del control de los indicadores establecidos se mide si la implementación del Lean Manufacturing mejora el sistema de producción en La Empresa Metalmecánica. En el análisis de los datos se usan cuadros estadísticos, diagrama de Pareto y diagrama de bloque los cuales indican el impacto de las mejoras en los procesos productivos con la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Presentación de resultados

En este subcapítulo se realiza la descripción de la empresa, descripción del sistema productivo, análisis y diagnóstico del sistema productivo, implementación de la mejora del Lean Manufacturing y su impacto económico, tal como se detalla en la Figura 5.2.

5.2. Descripción de la empresa

La Empresa Metalmecánica, es una empresa peruana con 24 años en el mercado, dedicada a brindar soluciones integrales de almacenamiento, desarrollando sus actividades y procesos con los altos estándares de calidad, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente. Para la realización de sus operaciones dispone de una planta de 16 mil m², maquinarias automatizadas, personales especializados en la materia y poseen la certificación en la norma ISO 9001:2015.

Es considerada una empresa mixta porque se dedica a la fabricación, diseño y montaje de las soluciones integrales de almacenamiento tal como se detalla en la Figura 5.1

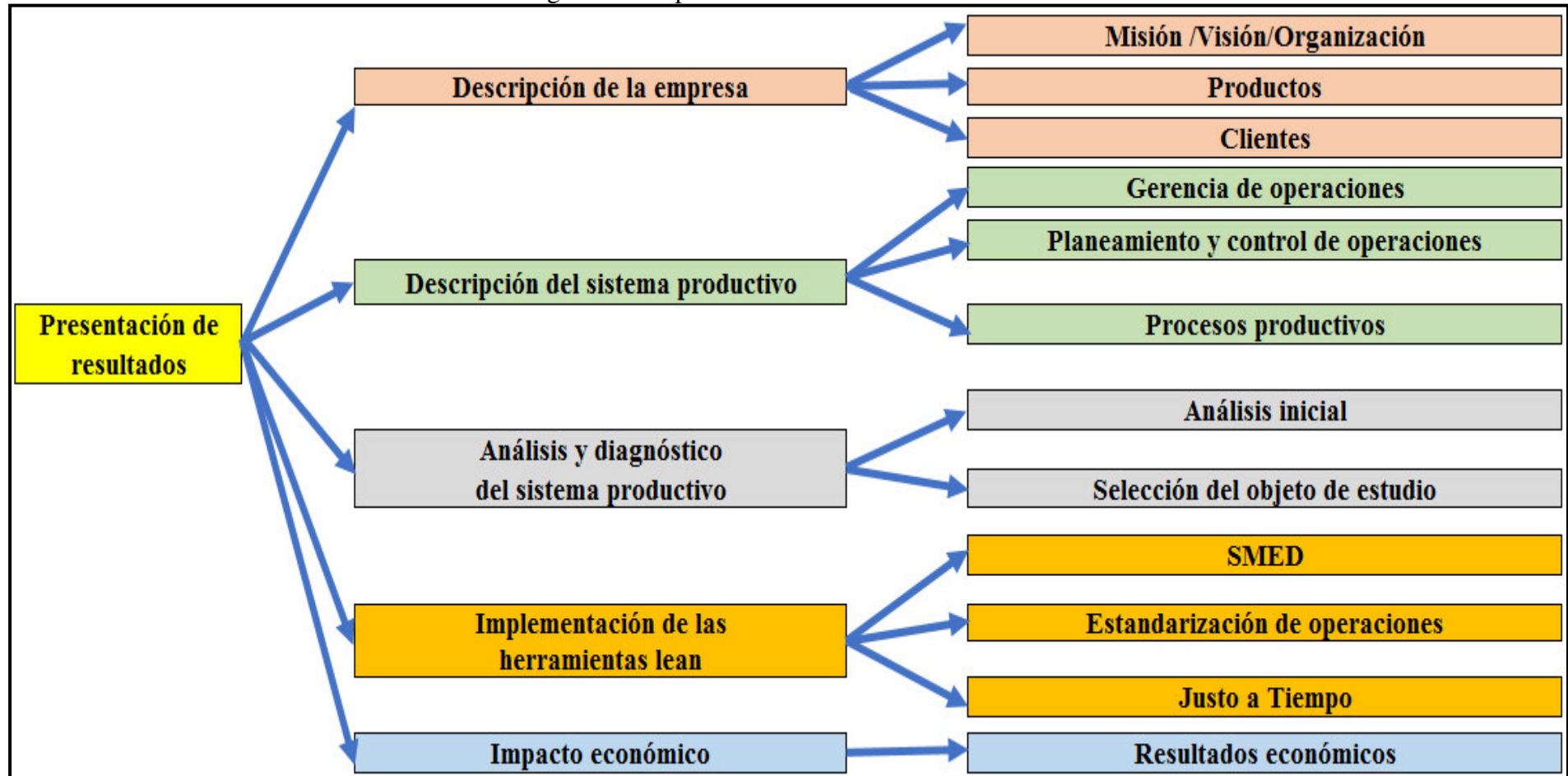
Figura 5.1 Descripción de La Empresa Metalmecánica



Fuente: La empresa

- 1. Misión:** La empresa del rubro metalmecánico está especializada en brindar soluciones integrales de almacenamiento, a través de la continua innovación tecnológica, humana y de procesos logrando beneficios para sus clientes, trabajadores y accionistas, con responsabilidad social y respeto por el medio ambiente.
- 2. Visión:** Es mantener el liderazgo alcanzado en el rubro de fabricación de estructuras metálicas y equipamiento de almacenes en el Perú y posicionarse entre los principales proveedores de sistemas de almacenamiento en la región.

Figura 5.2 Mapa de Presentación de Resultados



Fuente: Elaboración Propia

3. Organización

La Empresa Metalmecánica está conformada por más de 250 personas que trabajan en las diversas áreas de la empresa, tal como se visualiza en el organigrama organizacional que se describe en la Figura 5.5.

La empresa está bajo el mando del Gerente General y la Sub Gerente General quienes son los dueños legales de la empresa, quienes trabajan en la gestión estratégica de la organización junto con el Asesor Legal, Controller General, los jefes del SIG y SSOMA y con las respectivas gerencias que detallaremos a continuación:

A. Gerencia Comercial

Es la Gerencia que se encarga de las ventas y servicios post-venta de la organización ya sea a través de licitaciones o ventas directas a clientes privados y/o del estado a nivel nacional e internacional.

B. Gerencia de Proyectos

Es la Gerencia que realiza el seguimiento de los proyectos en proceso de negociación con el cliente junto con el área comercial y en proceso de ejecución e instalación del proyecto como venta adjudicada. Consta de las áreas:

- a. **Ingeniería de Proyectos:** Se encarga de brindar el soporte al área comercial en los diseños, presupuestos, metrados e ingeniería de resistencia de los proyectos.
- b. **Montaje:** Se encarga de la instalación de los diversos proyectos adjudicados ya sea a nivel nacional e internacional.
- c. **Contratos:** Se encarga del seguimiento y coordinación de los proyectos adjudicados con todas las áreas involucradas para su correcta ejecución.

C. Gerencia de Operaciones

Es la gerencia que se encarga de la planificación, control y seguimiento de todas las operaciones realizadas con la finalidad que garantizar la efectividad de los procesos operacionales de la empresa, gestionando los recursos necesarios para obtener una adecuada eficiencia y eficacia en el proceso productivo. Está conformado por las áreas de PCP, Producción, Logística, Almacén, Mantenimiento, Control de Calidad y Despacho.

D. Gerencia de Administración y Finanzas

Es la Gerencia que se encarga de las áreas administrativas que brindan soporte a las áreas productivas, está conformado por las siguientes áreas:

- a) **RR.HH.:** Se encarga del reclutamiento, capacitación y bienestar social del trabajador.
- b) **Tecnología de la Información:** Brinda el soporte tecnológico de las herramientas que dispone la empresa.
- c) **Contabilidad:** Se encarga de los estados contable de la empresa.
- d) **Finanzas:** Se encarga de los pagos y cobranza a proveedores y clientes.

Figura 5.3 Organización de La Empresa Metalmecánica



Fuente: La Empresa

4. Productos

La Empresa Metalmecánica clasifica su línea de productos en base al tipo de carga, definida principalmente por el peso, característica que varía según el tipo de producto a almacenar. A continuación, se muestra la clasificación de los productos:

I. Estructura para carga ligera

Son estructuras muy versátiles que se acomodan a cualquier tipo de ambiente.

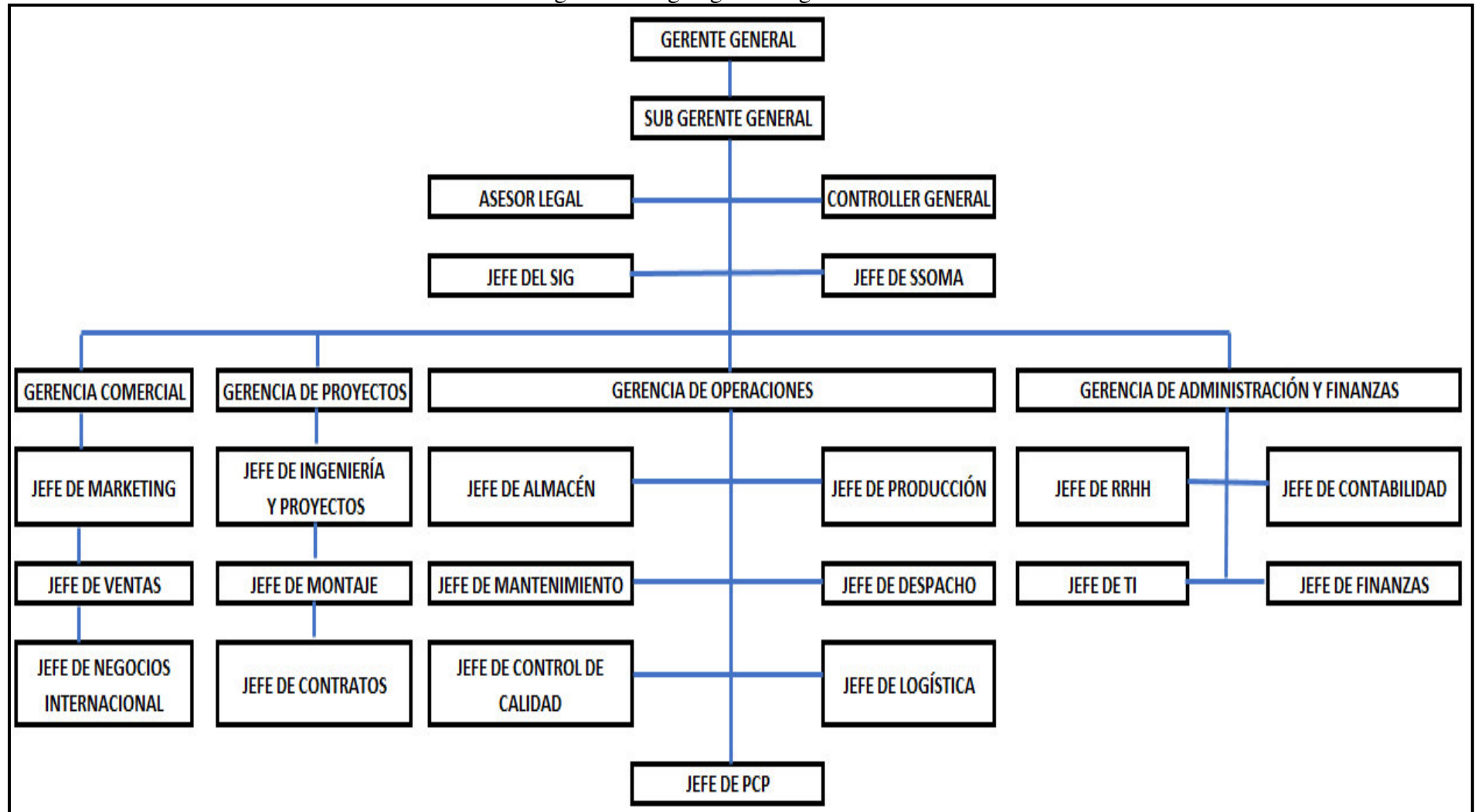
- 1) **Estantería metálica fija:** Es un sistema modular, tradicional que consta de estructuras desarmables, provistas de paneles y ángulos ranurados, que soportan cargas de hasta aproximadamente 90 Kg en cada área compartida.

Figura 5.4 Estantería metálica fija



Fuente: La Empresa

Figura 5.5 Organigrama organizacional



Fuente: La Empresa

- 2) **Estantería metálica fija con accesorios:** Es una estructura a la que se le incorporan accesorios complementarios tales como cajonería y divisores de paneles los cuales permiten darle a la estructura mayor versatilidad y adecuada organización de partes y piezas pequeñas, de esta manera le permite mejorar el control del sistema de almacenaje.

Figura 5.6 Estantería metálica fija con accesorios



Fuente: La Empresa

- 3) **Estantería corrediza manual:** Esta estructura se desplaza mediante rodajes sobre rieles fijados al piso, lo cual permite plegar y replegar las estanterías de acuerdo a la función y comodidad del cliente, del mismo modo, permite aprovechar al máximo las áreas disponibles, le brinda mayor seguridad en el almacenaje, ya que puede cerrarse en bloque e impedir el acceso al personal no autorizado. Está conformado por bases móviles, parantes corredizos, sistema de transmisión y sistema de engranaje.

Figura 5.7 Estantería corrediza manual



Fuente: La Empresa

II. Estructura para carga mediana

La empresa brinda este tipo de estructura debido a la gran necesidad de almacenar productos de cargas medianas, pero con mayor resistencia que la estantería metálica.

- 1) **Rack picking:** Es una estructura que soporta cargas de hasta 600 kg por par de vigas, lo que hace una alternativa óptima de almacenaje, brindando la facilidad de almacenar cualquier tipo de producto. Está conformado por poste mini rack, vigas, plataformas o paneles metálicos.

Figura 5.8 Rack picking



Fuente: La Empresa

III. Estructura para carga pesada

Este tipo de rack es desarrollado para solucionar problemas almacenaje en los rubros más variados, llegando a ser la estructura más empleada en los grandes proyectos.

- 1) **Rack selectivo:** Es la estructura más utilizadas en los almacenes del mundo por su gran versatilidad, sirven para todo tipo de producto, siendo muy útiles por la flexibilidad en la regulación de sus niveles, lo que permite manejarlos manualmente o con equipos mecánicos. Está conformado por postes, vigas, diagonales, travesaños y zapatas.

Figura 5.9 Rack Selectivo



Fuente: La Empresa

- 2) **Rack acumulativo:** Son estructuras diseñadas específicamente para el almacenamiento de varias paletas de fondo de un producto idéntico, permitiendo el acceso del montacarga a su interior a través de un solo pasillo, depositando las cargas sobre los rieles laterales. Entre los productos que la conforman son los postes, brazos de avión, rieles, viga de amarre, diagonal y travesaños.

Figura 5.10 Rack acumulativo



Fuente: La Empresa

- 3) **Rack dinámico:** Este tipo de sistema consiste en la utilización de pendientes dentro de la estructura del rack donde se colocan las paletas, las cuales son deslizadas y manipuladas por medio de rodillos y frenos, permitiéndose el movimiento por gravedad.

Figura 5.11 Rack dinámico



Fuente: La Empresa

- 4) **Sistema runner:** Es un sistema de almacenaje semiautomático que facilita la carga y descarga de los productos a partir de carros que movilizan las paletas mediante un control a distancia, permitiendo una mayor densidad de almacenamiento por metro cuadrado.

Figura 5.12 Sistema Runner



Fuente: La Empresa

- 5) **Cantilever:** Es una estructura diseñada para almacenar perfiles de grandes longitudes, tales como tubos, varillas, barras, listones de madera, cortinas, alfombras, etc., pueden soportar cargas livianas, así como de gran peso, permiten almacenar las mismas en varios niveles, los cuales pueden ser regulables, optimizando el espacio del almacén.

Figura 5.13 Estructura cantilever



Fuente: La Empresa

- 6) **Autoportante:** Este sistema utiliza las propias estructuras metálicas para colocar tanto las paredes como el techo (cerramientos), mediante accesorios fijados al tipo específico de estructura que se requiera, pudiendo ser desde estantería fija como ángulos ranurados hasta racks. Se logran grandes alturas y pasillos para almacenes de gran superficie, optimizando el almacenaje y volumen utilizado.

Figura 5.14 Estructura autoportante



Fuente: La Empresa

IV. Sistemas Complementarios

Son estructuras muy versátiles y sirven de soporte a los demás sistemas de almacenamiento, para el mejor aprovechamiento de los espacios disponibles.

- 1) **Entrepiso:** Tienen la función de lograr mayores alturas en el almacén sin la necesidad de crear un mezanine o realizar obras civiles para ampliar el almacén, ya que permiten generar pasillos elevados mediante escaleras de acceso para aprovechar al máximo el almacén.

Figura 5.15 Estructura Entrepiso



Fuente: La Empresa

2) **Mezanine:** Es un tipo de estructura que aprovecha al máximo la capacidad del almacén o edificaciones, permite duplicar la capacidad de almacenaje. Este aprovechamiento de espacio puede utilizarse también para zona de trabajo y oficinas.

Figura 5.16 Estructura mezanine

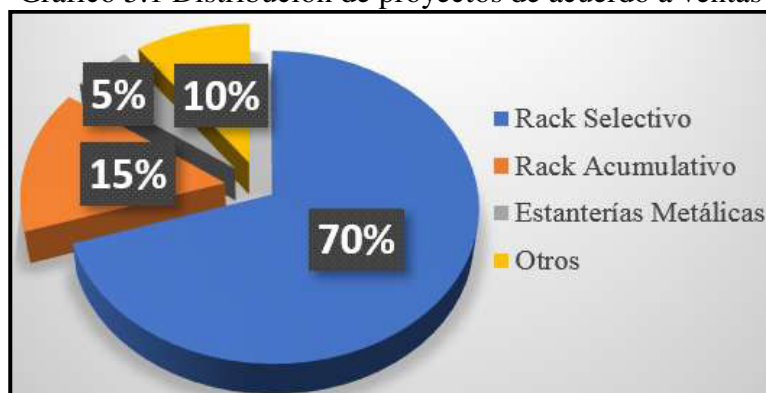


Fuente: La Empresa

De acuerdo a lo detallado se concluye que la empresa ofrece una gran variedad de proyectos el cual varía de acuerdo al tipo de producto a almacenar y el espacio disponible por el cliente.

Es por ello que de acuerdo a los datos históricos de los proyectos vendidos se concluye que el 70% de las estructuras fabricadas son de rack selectivo, el 15% son estructuras de rack acumulativo y el complemento son estructuras de rack metálico y estructuras complementarias (Ver Gráfico 5.1)

Gráfico 5.1 Distribución de proyectos de acuerdo a ventas



Fuente: Elaboración propia

5. Clientes

La Empresa Metalmecánica en sus 24 años de participación en el mercado ha realizado más de 10,000 Proyectos, realizados a una gran diversidad de sectores a nivel nacional e internacional tales como minería, logística, pesquero, farmacéutico, construcción, industrial, retail, etc.

Entre los principales clientes que tiene a nivel nacional se destacan: Molitalia, Supermercado Peruanos, Viru S.A., Dinnet, Hofarm, Claro, Mifarma, Medifarma, Maestro, Sodimac, Home-Center, Montana S.A., Ransa Comercial.

Entre los principales clientes que tiene a nivel Internacional destacan: Protisa (Ecuador), Kimberly Clark (Bolivia).

5.2.1. Descripción del sistema productivo

En esta sección se describe específicamente la Gerencia de Operaciones, el proceso de Planeamiento y Control de la Producción y los procesos productivos de La Empresa Metalmecánica.

1. Gerencia de Operaciones

La Gerencia de Operaciones tiene como meta velar y controlar el buen funcionamiento del proceso productivo, cumpliendo con los objetivos y políticas establecidas a través de la optimización, planificación y control de los recursos que dispone la empresa para obtener resultados favorables que se traduzcan en rentabilidad para la empresa. En el **Anexo 03** se visualiza los indicadores de control de la Gerencia de Operaciones.

Las áreas que conforman la Gerencia de Operaciones son Producción, Almacén, Mantenimiento, Control de Calidad, Despacho, Logística y Planeamiento y Control de la Producción (PCP), tal como se observa en la Figura 5.17. Los cuales se detallan a continuación:

a) Producción

Es el área que se encarga de la ejecución de los recursos de la empresa tales como personal, máquinas y materia prima para la realización de los proyectos planificados por el área de PCP.

Comprende casi el 50% de los gastos de la empresa es por ello su vital importancia en el correcto control, eficiencia y eficacia en la ejecución de sus actividades.

El área de producción está conformada por 6 procesos que se interrelacionan de acuerdo al diagrama de operaciones de cada producto, los cuales son: Corte, Prensa y/o Doblez, Roll Forming, Soldadura, Granalla y Pintura.

b) Almacén

Es aquella área que se encarga de la recepción, almacenamiento y entrega de la materia prima, insumos, repuestos y materiales auxiliares requeridos por la empresa.

Se encarga de realizar las entregas de materias primas, insumos y materiales auxiliares al área de producción de acuerdo a la programación realizada por PCP. Es considerado un área estratégica de la empresa debido a que las materias primas que se requiere en los procesos productivos son importadas, el cual una adecuada gestión de inventario genera una eficaz operatividad de los procesos productivos de la empresa.

c) Mantenimiento

Se encarga de la operatividad de las máquinas, matrices, cuchillas los cuales garantizan una correcta ejecución de los procesos productivos. Tiene como finalidad asegurar la continuidad de las operaciones generando cero averías, cero fallas, cero paradas y cero defectos en el proceso productivo, para ello se realizan las coordinaciones con el área de PCP y Producción para la programación del mantenimiento preventivo, over haul (“Mantenimiento general de las máquinas”) y las medidas correctivas del mantenimiento correctivo de las maquinarias.

d) Control de Calidad: Se encarga de realizar los controles respectivos dentro del proceso productivo, garantizando la entrega de los productos al cliente con los altos estándares de calidad que ofrece la empresa, además brinda el soporte al área de producción realizando la calibración y controles de los elementos de medición usados en cada proceso.

Realiza las inspecciones y aprobaciones de las materias primas e insumos solicitados de acuerdo a los parámetros de calidad de cada producto e insumo.

- e) **Despacho:** El área de Despacho se encarga de la recepción y almacenaje de los productos terminados entregados por el proceso de pintura los cuales son aprobados por el área de Control de calidad ,además realizan el traslado de los productos terminados hacia los clientes de acuerdo al check list del contrato y realizan las entregas de los respectivos documentos de recepción de material al área de Finanzas para sus respectivas gestiones de cobranza de acuerdo a las formas del pago pactado en la orden de compra.
- f) **Logística:** Se encarga de gestionar las compras nacionales e importadas requeridas por las diversas áreas de la empresa, con la finalidad de asegurar la continuidad de sus operaciones para poder cumplir con las necesidades del cliente final.

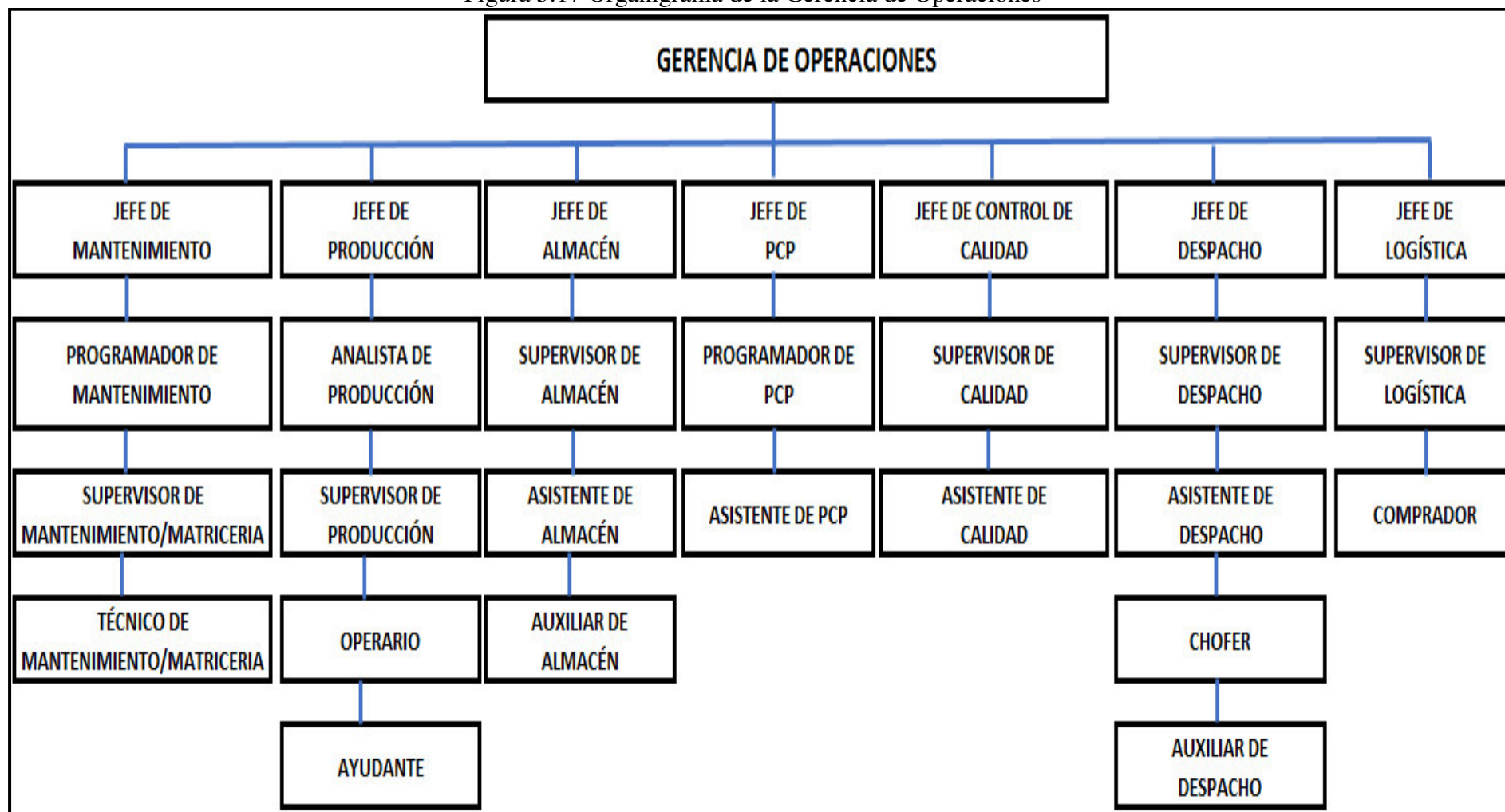
2. Planeamiento y control de la Producción (PCP)

Es un área estratégica de la Gerencia de Operaciones que se encarga de asegurar una adecuada planificación y control de la producción, asegurando la optimización de los recursos tales como mano de obra, equipos y materia prima que dispone la empresa. Es por ello que se encarga de la administración de la empresa garantizando una adecuada gestión de la planificación y control de la producción, control de los consumos, requerimientos y/o proyecciones de compra de materias primas e insumos y operatividad de los equipos garantizando una eficiente y eficaz operación del proceso productivo.

En la Figura 5.18 se detalla el análisis del proceso de área de PCP para ello se detalla los ingresos, salidas y los recursos disponibles que se utilizan.

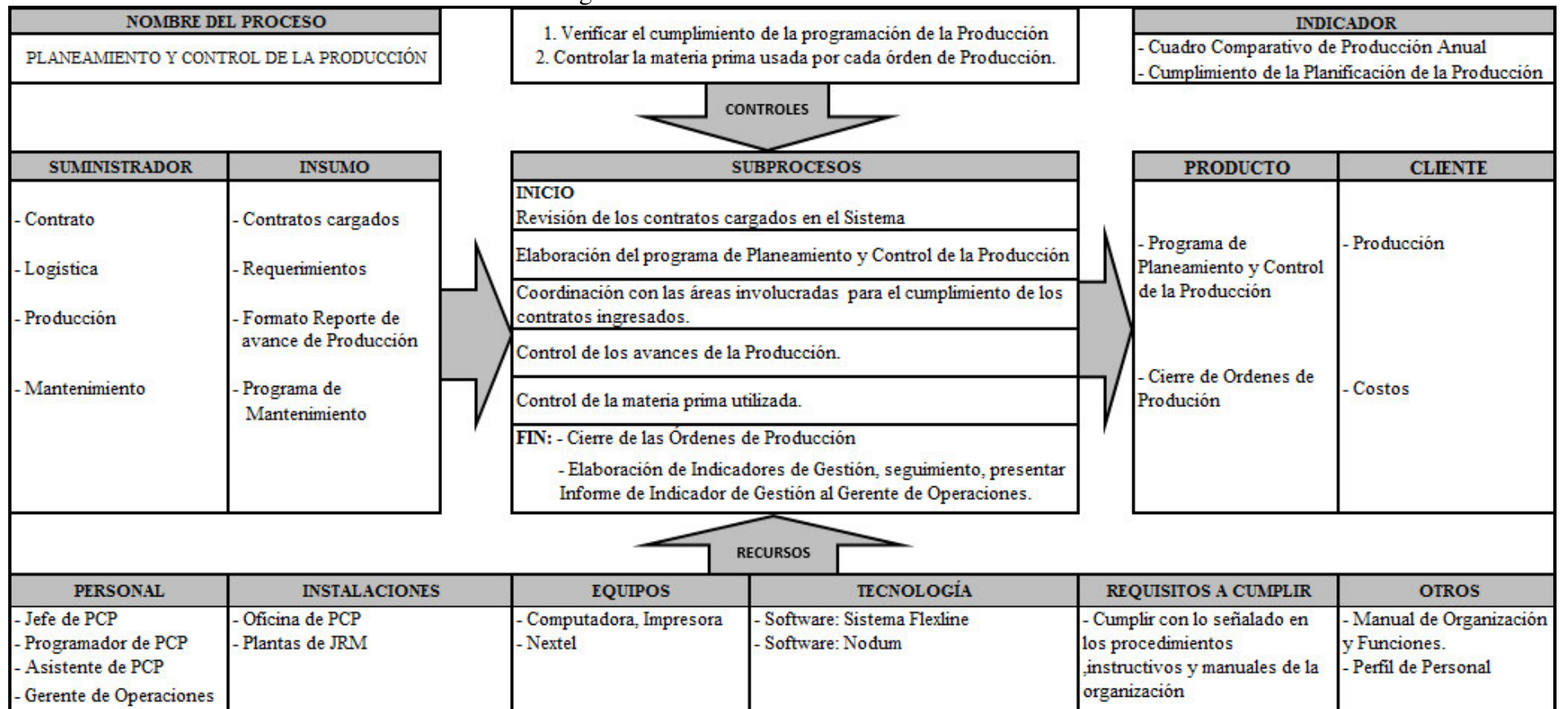
En los anexos 04 se visualiza el diagrama de flujo del área de Planeamiento y Control de la Producción en donde se detalla las actividades realizadas por el área.

Figura 5.17 Organigrama de la Gerencia de Operaciones



Fuente: La Empresa

Figura 5.18 Análisis del Proceso de PCP



Fuente: La Empresa

3. Proceso Productivo

En esta parte se detalla los procesos productivos que conforman el área de producción en La Empresa Metalmecánica.

a) Proceso de Corte

Este proceso se encarga de realizar el corte de la materia prima de acuerdo a las medidas de corte y los espesores de los productos que se fabrican, el cual son entregados al proceso siguiente de prensa y dobléz para continuar con su proceso operacional.

En la Tabla 5.1 se detalla los formatos estándares de planchas utilizados para su corte.

Tabla 5.1 Formato de planchas estándares

Espesor (mm)	Formato (mm)
0.9	1200 X 2400
1.5	1200 X 2400
2.0	1200 X 2400
2.5	1200 X 5200
2.9	1200 X 2400

Fuente: Elaboración propia

Entre los productos que se fabrican son las uñas, paneles, ángulos ranurados, rieles, brazo de avión, perfiles, brazos para malla, soportes, protectores, adaptadores, zapatas, placa base y los postes mini-rack.

El proceso de corte está conformado por 2 operarios, 2 ayudantes y un supervisor además el proceso dispone de dos guillotinas hidráulicas y una guillotina mecánica tal como se visualiza en la Figura 5.19

Figura 5.19 Máquina de guillotina de corte



Fuente: Elaboración propia

Entre las actividades que se realizan en el proceso son el refrentado, despuntado, cortado, habilitado, regulación de máquina, limpieza del área y las reuniones los cuales son reportados en el formato de control de actividades del proceso de corte.

b) Proceso de Roll Forming

En este proceso se realiza el rollado, prensado y formado de los productos a través de los rodillos, para ello se usan flejes de acero en diferentes anchos y espesores de acuerdo al tipo de producto a fabricar. Existen dos tipos de roll forming los cuales son:

1. Roll Forming de postes y perfiles

Es considerado el pulmón del proceso productivo, debido a que fabrica el 70% de los productos de mayor comercialización de La Empresa Metalmecánica.

El proceso está conformado por 6 operarios y 3 ayudantes los cuales laboran en tres turnos rotativos, además el proceso dispone de un equipo principal llamado Máquina de Roll Forming el cual tiene una longitud mayor de 40 m de largo, que está conformado por el bobinador, enderezador de flejes, prensa para poste, cuerpo de roll forming de postes y/o perfiles (lugar donde se realiza la formación del producto), mesa de corte final y la mesa de salida final del producto tal como se observa en el **Anexo 06**. Además se fabrica 9 tipos de postes y 18 tipos de perfiles, los cuales varían por el tipo de producto y espesor el cual es fabricado de acuerdo al largo solicitado (Ver Tabla 5.2)

Tabla 5.2 Productos de la Roll Forming postes y perfiles

Producto	Formato (Pulgadas)	Espesor (mm)	Total
Poste Omega	3" X 3"	2.0 , 2.5 , 2.9	9
	4" X 3"		
	5" X 3"		
Perfil "C"	2" X 4"	1.6 , 2.0 , 2.5	18
Perfil "J"	2" X 5"		
	2" X 6"		

Fuente: Elaboración propia

Debido a su gran variabilidad de productos que se fabrican, el proceso dispone de 22 tipos de matrices, de los cuales 10 matrices son usadas para el picado de los postes y 6 matrices para el corte final por cada tipo de producto a fabricar, tal como se describe en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Matrices de Roll Forming postes y perfiles

Matriz de picar postes		Matriz de corte perfiles		Matriz de corte postes	
Tipo	Cant.	Tipo	Cant.	Tipo	Cant.
3"X3"	3	2"X4"	2	3"X3"	2
4"X3"	4	2"X5"	2	4"X3"	2
5"X3"	3	2"X6"	2	5"X3"	2
Total de matrices					22

Fuente: Elaboración propia

Entre las actividades que se realizan en el proceso de roll forming son la producción efectiva, cambio de bobina, cambio de formato espesor, cambio de formato tipo, cambio de formato tamaño, regulación por falla de fabricación, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, limpieza de área y las reuniones, los cuales son reportados en el formato de control de actividades del proceso de roll forming de postes y perfiles.

2. Roll Forming de diagonales y travesaños

En este proceso se fabrica los diagonales y travesaños, utilizados para el armado de los marcos junto a los postes. Para su fabricación se usan flejes de acero en espesor de 1.6 mm los cuales son formados en la Máquina de Roll Forming diagonales y travesaños.

El proceso está conformado por dos operarios, que trabajan en dos turnos rotativos. Los productos fabricados son entregados al proceso de granalla.

En la Figura 5.20 se muestra una vista panorámica del proceso de Roll Forming de la empresa metalmecánica.

Figura 5.20 Vista panorámica de la Roll Forming



Fuente: La Empresa

c) Proceso de Prensa y Doble

Este proceso se encarga del troquelado, prensado, embutido y doblez de las platinas que se reciben del proceso de corte, donde los productos terminados son entregados al proceso de soldadura y/o granalla dependiendo del proceso productivo del producto a fabricar.

El proceso está conformado por 10 operarios, 4 ayudantes y un supervisor, además el proceso dispone de 06 máquinas de prensa y 4 máquinas dobladoras los cuales laboran un turno por día.

Entre las actividades que se realizan en el proceso son el cortado, troquelado, embutido, doblez, regulado de máquina, trazado-marcado, habilitado de material, traslado de material, limpieza de área y las reuniones, los cuales son reportados en el formato de control de actividades del proceso de prensa y doblez.

En las figuras 5.21 y 5.22 se visualizan las máquinas que se utilizan en el proceso de prensa y doblez.

Figura 5.21 Máquinas de prensa



Fuente: La Empresa

Figura 5.22 Máquinas de doblez



Fuente: La Empresa

d) Proceso de Soldadura

Este proceso se encarga de realizar la unión física de los productos que se reciben de los procesos de roll forming perfiles y prensa y doblado a través del proceso de soldadura.

El proceso está conformado por 20 operarios, 10 ayudantes y un supervisor, además el proceso dispone de 20 máquinas MIG-MAG.

Entre los productos ensamblados que se fabrican son las vigas tipo “C” y/o “J”, protector de marco, placas bases, soportes, viga L, paneles, parantes, correas, vigas estructurales, etc.

Entre las actividades que se realizan en el proceso son el apuntalado, soldado, cortado, esmerilado, limpieza del área, traslado de material y las reuniones los cuales son reportados en el formato de control de actividades del proceso de soldadura.

Existen dos tipos de soldadura que se realizan en la empresa los cuales son:

1. **Soldadura Manual:** Este tipo de soldadura se realiza de manera manual, varía de acuerdo a la experiencia del personal, siendo el responsable de los reprocesos por escoria en el proceso de granalla.
2. **Soldadura Automatizada:** Este tipo de soldadura se realiza con máquinas automatizadas el cual sólo se ensamblan los perfiles fabricados en el proceso de roll forming perfiles. Entre ellos son:
 - **Apuntaladora de Vigas:** Se encarga de la unión de los perfiles a través de cordones de soldadura.
 - **Robot Soldadura:** Se recibe material de la apuntaladora de vigas con la finalidad de terminar el proceso de fabricación de las vigas soldando las uñas a los perfiles ensamblados.

Figura 5.23 Máquinas automáticas de soldadura



Fuente: La Empresa

e) Proceso de Granalla

Es considerado el proceso céntrico de La Empresa Metalmecánica, debido a que pasan por dicho proceso todos los productos fabricados listos para el acabado final. El proceso de granalla tiene como objetivo dejar en óptimas condiciones los productos fabricados para su adecuado pintado en polvo. Los reprocesos que se encuentran en este proceso se generan por presencia de grasas, óxidos, rebabas y escorias en los productos fabricados los cuales generan actividades repetitivas de granallado en los productos.

El proceso de granalla está conformado por 10 operarios, 8 ayudantes y un supervisor, además, el proceso dispone de una máquina granalladora el cual ataca a los productos a través de partículas granalladoras con la finalidad de quitar las impurezas adquiridas (Figura 5.24).

Figura 5.24 Máquina de granallado



Fuente: La Empresa

Entre los productos que se procesan encontramos los postes, diagonales, travesaños, vigas, rieles, brazo de avión, paneles, placas, etc. los cuales aquellos productos menores a 2.3 m de largo se colocan en canastilla de trabajo para evitar daños en la máquina y pérdidas de los productos.

En este proceso se reciben los productos de los procesos de roll forming postes, roll forming diagonales y travesaños, soldadura y prensa y doblez.

Entre las actividades que se realizan en el proceso son el granallado, rasqueteado, reprocesos, limpieza del área y las reuniones los cuales son reportados en el formato de control de actividades del proceso de granalla.

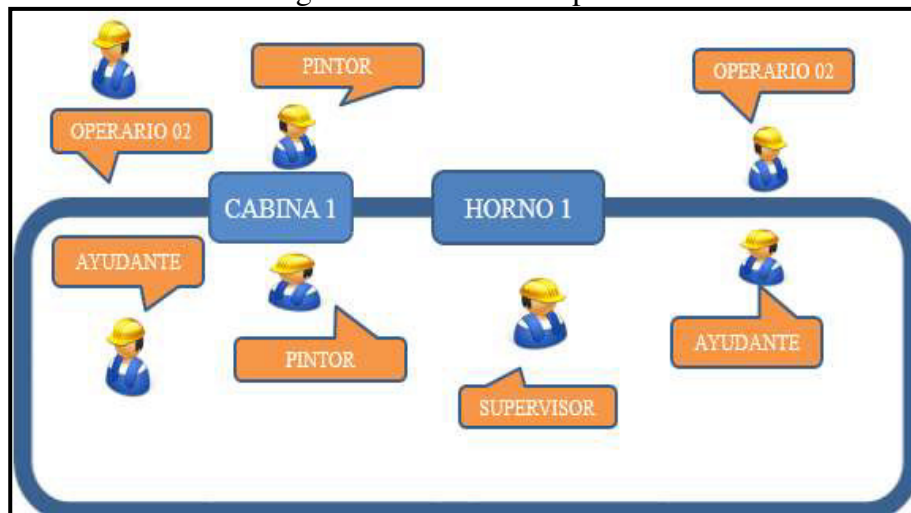
f) Proceso de Pintura

Es el proceso final del proceso productivo, el cual se encarga del acabado final de los productos fabricados, realizándose el recubrimiento de los productos granallados con pintura en polvo electrostático, para su posterior horneado a altas temperaturas, el cual evita la corrosión y brinda mayor durabilidad a los productos terminados.

El proceso de pintura está conformado por 8 pintores, 8 operarios, 8 ayudantes y un supervisor, además el proceso dispone de dos líneas continuas de pintura el cual está conformado por una cadena móvil, cabina de pintura y un horno de curado.

En la figura 5.25 se detalla la distribución del personal en una de las líneas continuas que dispone el área.

Figura 5.25 Proceso de pintura



Fuente: Elaboración propia

Entre las actividades que se realizan en el proceso son el pintado, repintado, limpieza de cabina, habilitado de material, limpieza del área y las reuniones los cuales son reportados en el formato de control de actividades del proceso de pintura.

Los productos terminados en el proceso de pintura son inspeccionados por el área de Control de calidad, quienes dan la conformidad a los productos fabricados para su entrega inmediata al área de Despacho con sus respectivos documentos de entrega.

5.2.2. Análisis y diagnóstico del sistema productivo

En este capítulo se describe el análisis inicial del proceso productivo y la selección del objeto de estudio para realizar posteriormente la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing.

1. Análisis inicial

En esta parte de la investigación se detalla la situación inicial del proceso productivo para ello se analiza los aspectos como la mano de obra, materia prima y los productos que se fabrican con la finalidad de conocer y analizar el proceso productivo de La Empresa Metalmecánica.

A. Mano de obra

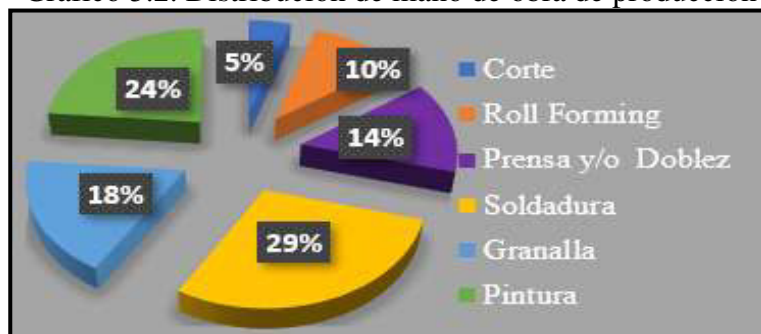
El área de Producción está conformada por 106 personas distribuidas en los 6 procesos productivos de la empresa, donde el proceso de soldadura, pintura y granallado se concentran la mayor cantidad poblacional representando el 29%, 24% y 18% respectivamente, donde el 29% restante está conformado por los procesos corte, roll forming y prensa y doblez tal como se resumen en la Tabla 5.4 y el Gráfico 5.2.

Tabla 5.4 Mano de obra de producción

Proceso	Personal
Corte	5
Roll Forming	11
Prensa y/o Dobleza	15
Soldadura	31
Granalla	19
Pintura	25
Total	106

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5.2. Distribución de mano de obra de producción



Fuente: Elaboración Propia

Además, el personal de producción se clasifica en operario 1, operario 2 y ayudantes de acuerdo a sus conocimientos y experiencia laboral en cada proceso productivo.

B. Materia Prima

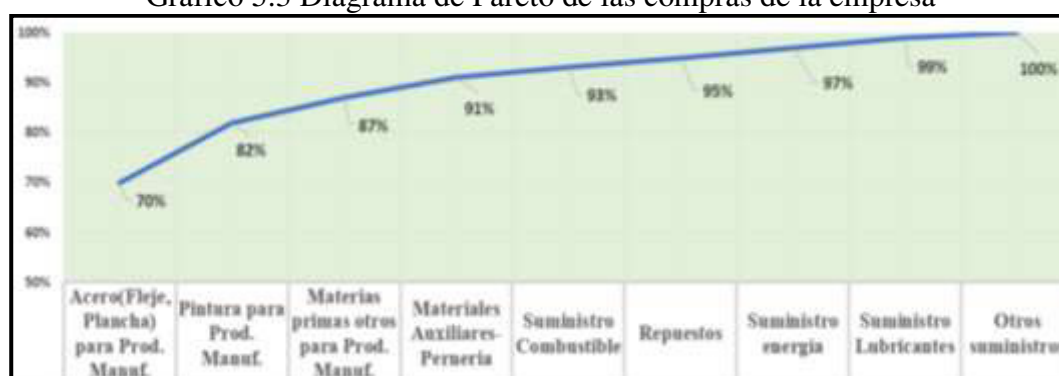
La Empresa Metalmecánica para poder realizar sus actividades gestiona la compra de una gran diversidad de productos, siendo el acero, la pintura y las materias primas otros para el proceso de manufactura como los productos más importantes debido a que representan el 87% de la inversión realizada tal como se visualiza en la Tabla 5.5 y en el Gráfico 5.3, es por ello que es de vital importancia su planificación y control para una excelente gestión de compra y almacenaje.

Tabla 5.5 Distribución de las compras de la empresa

Familia de Materia Primas	Consumo (%)
Acero(Fleje, Plancha) para Prod. Manuf.	70%
Pintura para Prod. Manuf.	12%
Materias primas otros para Prod. Manuf.	5%
Materiales Auxiliares-Perneria	4%
Suministro Combustible	2%
Repuestos	2%
Suministro energía	2%
Suministro Lubricantes	2%
Otros suministros	1%
Total	100%

Fuente: La Empresa

Gráfico 5.3 Diagrama de Pareto de las compras de la empresa



Fuente: Elaboración propia

El acero utilizado es importado de Brasil y Japón el cual tiene un lead time de abastecimiento de tres meses desde la emisión de la orden de compra de importación, razón por la cual La Empresa Metalmecánica posee un stock de bobinas almacenadas en el almacén aduanero ubicado en el Callao, el cual de acuerdo a la necesidad de fabricación son nacionalizados y luego trasladado a los respectivos centro de corte , para su corte respectivo en los formatos de plancha y flejes los cuales son utilizados en los procesos productivos de la empresa (Figura 5.26).

Figura 5.26 Acero en formatos bobinas-planchas-flejes



Fuente: Elaboración propia

La pintura en polvo es adquirida a través de su compra nacional o importada tanto de Chile como de Colombia, siendo los colores azul y naranja los más utilizados en el proceso productivo debido a la estandarización de color en el mercado.

La materia prima otros para producción de manufactura son todos los elementos complementarios que se requieren en el proceso productivo como la malla electrosoldada, malla tejida, riel Stanley, tubo cuadrado, tubo rectangular, tubo redondo, varilla, viga H estructural, los cuales se adquieren a través de su compra nacional.

C. Productos

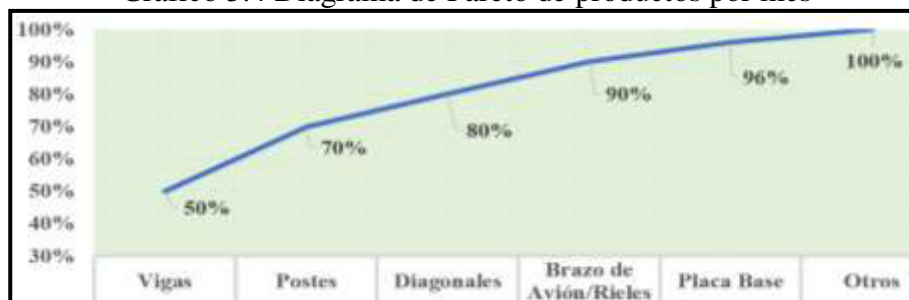
Los productos más representativos del proceso productivo son las vigas, postes y diagonales, los cuales generan una fabricación de 400 toneladas por mes representando el 80% de la producción mensual. El resto de la producción son productos complementarios necesarios para el proceso de instalación el cual representa un 20% de la producción mensual con un aporte de 100 toneladas. (Considerar el mes un equivalente de 25 días laborables).

Tabla 5.6 Productos en toneladas por mes

Productos	TN/Mes
Vigas	250
Postes	100
Diagonales	50
Brazo de Avión/Rieles	50
Placa Base	30
Otros	20
Total	500

Fuente: La Empresa

Gráfico 5.4 Diagrama de Pareto de productos por mes



Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 5.7 se visualiza la matriz proceso-producto de los productos más representativos que se fabrican en La Empresa Metalmecánica.

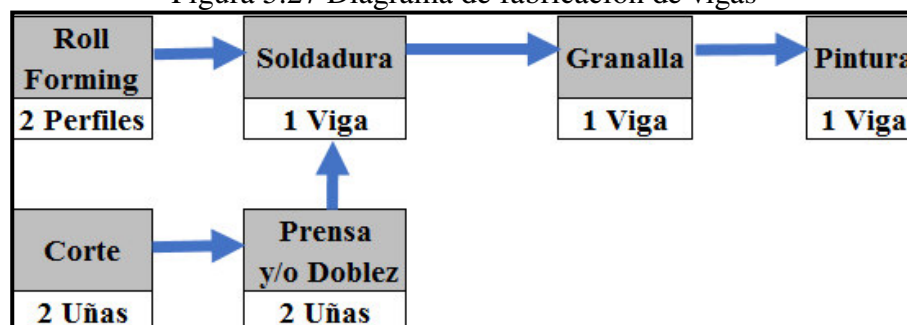
- La fabricación de los postes y diagonales son fabricados en sus respectivas roll forming, luego se procesan en los procesos de granalla y pintura.
- Las vigas es la unión física de dos perfiles ya sean de tipo “C” o “J” ensambladas con dos uñas uno derecho e izquierdo realizados en el proceso de soldadura, para su posterior acabado final, tal como se visualiza en la Figura 5.27
- Los brazos de avión y rieles son productos se fabrican en los procesos de corte, prensa y doblez, granalla y pintura.

Tabla 5.7 Matriz Proceso-Producto

Productos	Roll Forming	Corte	Prensa y/o Doble	Soldadura	Granalla	Pintura
Postes	X				X	X
Vigas	X			X	X	X
Diagonales	X				X	X
Brazo de avión/rieles		X	X		X	X
Placa base		X	X	X	X	X
Otros		X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.27 Diagrama de fabricación de vigas



Fuente: Elaboración propia

En los **Anexos 06 y 07** se muestran los planos de los productos más representativos y de los productos complementarios que se fabrican en La Empresa Metalmecánica.

2. Selección del objeto de estudio

Para la selección del objeto de estudio se realiza el Mapeo de Proceso de la situación inicial de La Empresa Metalmecánica y en función a la política de mejora de la empresa se realiza el Mapa de Proceso futuro con la finalidad de trazar las metas a obtener.

De acuerdo a la alta importancia de todos los productos fabricados debido a que son requeridos en el proceso de instalación realizado por el área de montaje se realiza el mapa del proceso general del proceso productivo.

a) Mapeo de Proceso Inicial (VSM)

En la Figura 5.28 se presenta el mapa del proceso inicial en el cual se observa:

- El proceso global del sistema de producción de la empresa, así como el takt-time(T/T), los reprocesos (RP), los tiempos de cambios de herramientas (T/C) y los turnos laborables en cada proceso productivo generando una producción inicial de 20 toneladas por día.
- Se visualiza un elevado tiempo de cambio de herramientas en el proceso de roll forming postes y perfiles, razón por la cual se implementa la herramienta del SMED en dicho proceso productivo.
- El proceso de Granalla es el cuello de botella del proceso, debido a que genera altos inventarios en proceso, además se observa que posee un 20% de reprocesos razón por la cual se implementa las herramientas del Just in time y la estandarización de operaciones en el proceso productivo de La Empresa Metalmecánica.

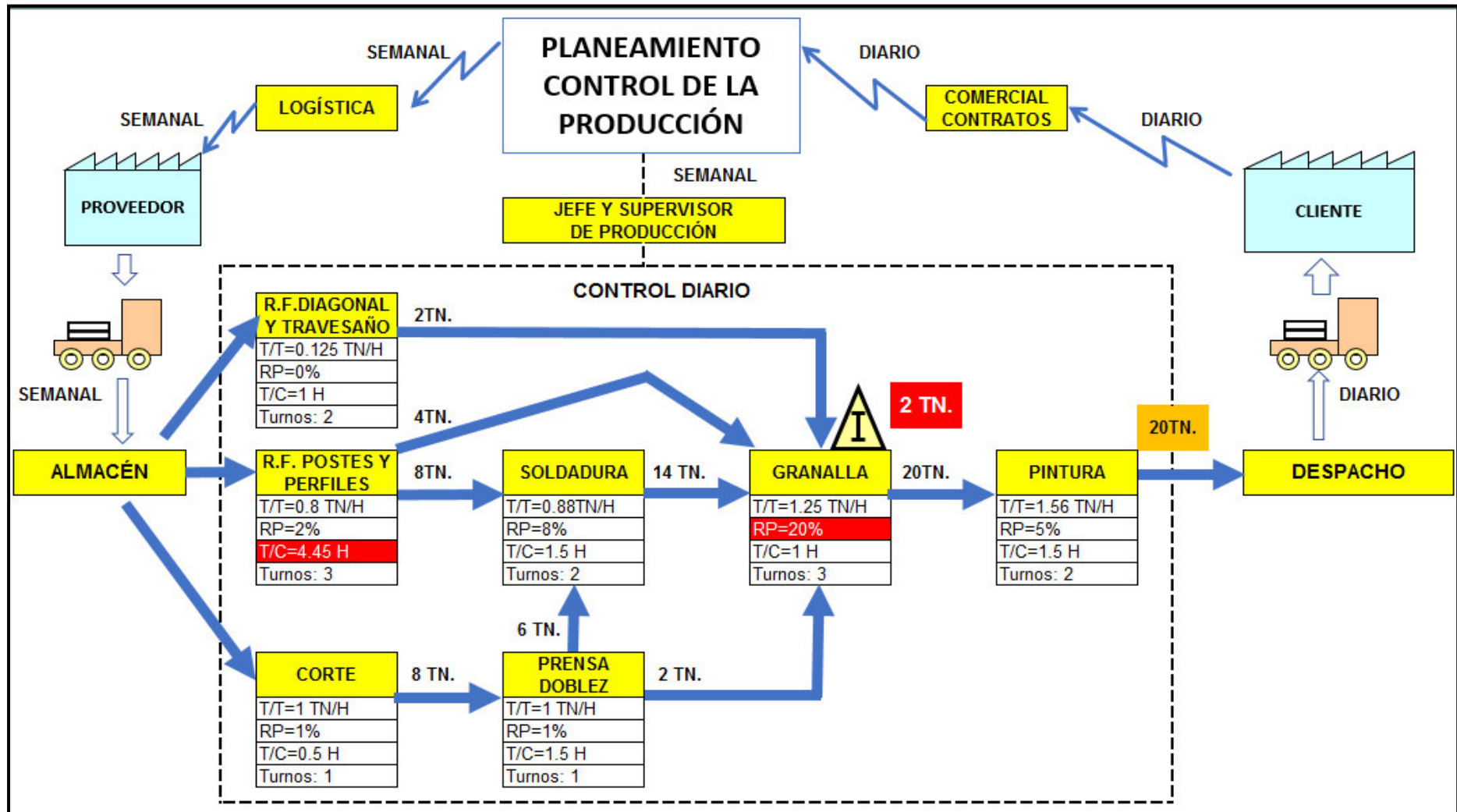
b) Mapa de Proceso Futuro

Es el mapa del proceso que tiene como objetivo graficar el escenario deseado por la organización el cual se diseña de acuerdo a las políticas que posee la empresa.

El escenario deseado por la empresa es lograr una mejora de la producción diaria en un 25%, lo cual se logra si se implementan de manera correcta las herramientas de Lean Manufacturing propuestas en el análisis del mapeo del proceso inicial.

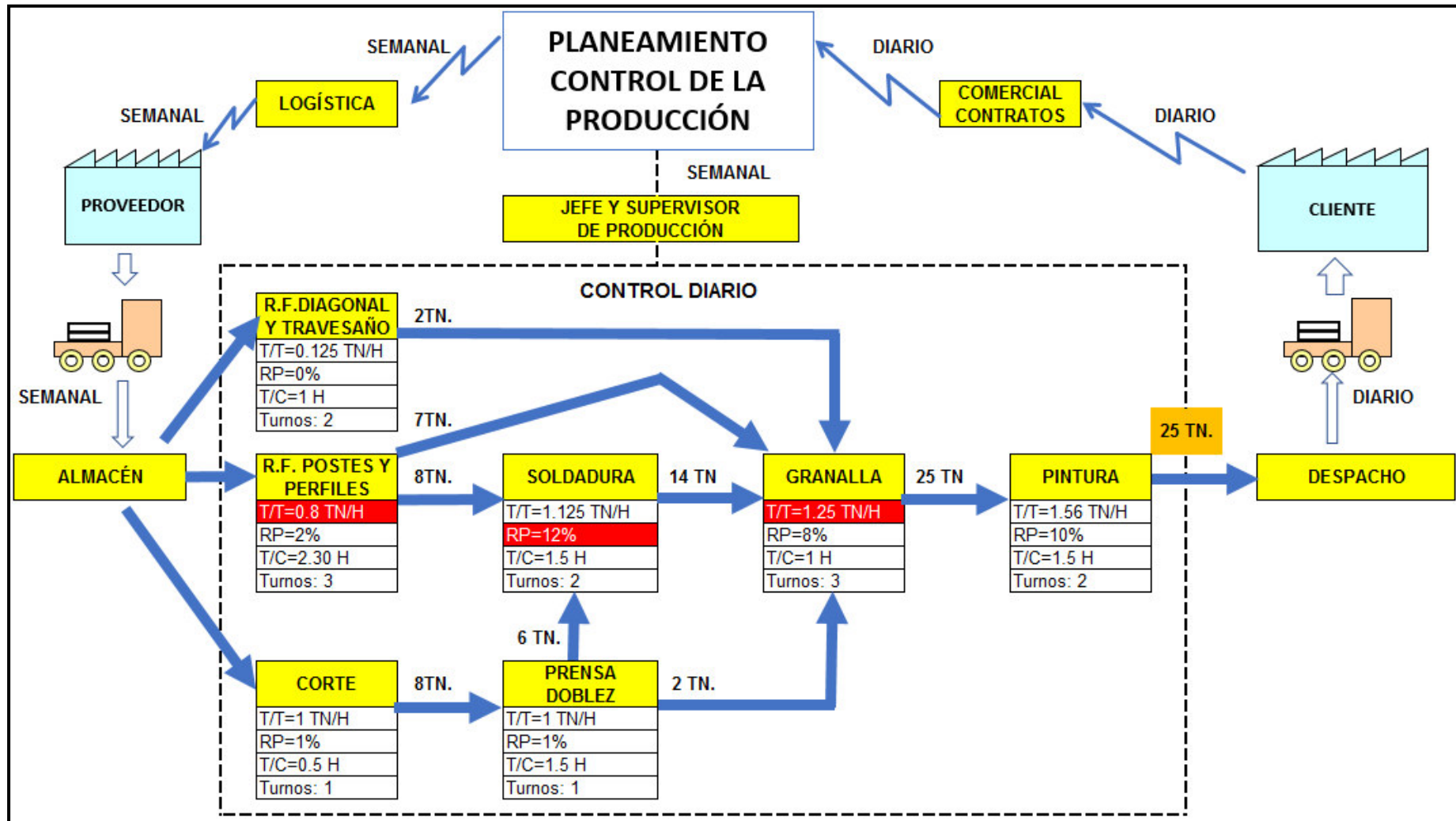
Tener en cuenta que el mapa de proceso futuro es dinámico ya que una vez realizado la mejora propuestas se identifican nuevos problemas existentes y se trazan nuevas metas de trabajo con la finalidad que se genere una cultura de aprendizaje y de mejora continua permanente en la organización (Ver Figura 5.29).

Figura 5.28 Mapa del Proceso Inicial



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.29 Mapa del Proceso Futuro



Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Implementación de las herramientas Lean

En esta parte se realiza la implementación de las herramientas propuestas en el Mapeo del Proceso Inicial(VSM) el cual se detalla a continuación.

1. Implementación del SMED

Según el análisis que se realiza en el mapa del proceso inicial, se genera un tiempo de set-up de 4 horas con 45 minutos en el proceso de roll forming postes y perfiles el cual genera una producción diaria de 12 TN razón por la cual se analiza la situación inicial del proceso y a través de la implementación del SMED se reduce el tiempo de set-up del proceso.

Se conforma el grupo “Kaizen SMED” que está conformado por las áreas de PCP, Producción, Mantenimiento y los personales del proceso de roll forming, con quienes se realizan capacitaciones permanentes sobre temas como el SMED, grupos Kaizen y conocimientos del proceso productivo con la finalidad de analizar y mejorar el proceso.

La implementación de la herramienta SMED se realiza de acuerdo a las etapas mencionadas en el marco teórico del presente trabajo de investigación con los siguientes pasos:

Paso 1: Observe, registre y analice el proceso

En el presente paso se realiza el levantamiento de la información de la situación inicial del proceso de roll forming para ello se observa lo siguiente:

- El proceso de roll forming está conformado por 9 operarios que laboran en tres turnos rotativos el cual son clasificados de acuerdo a su experiencia en operarios 1, operarios 2 y ayudantes. Los grupos de trabajo laboran efectivamente 8 horas diarias tal como se muestra en la programación de la Tabla 5.8 el cual genera una disponibilidad de 21 horas-máquina por día de trabajo y a la vez un desperdicio de 2 horas por personal de cada turno generado por la programación inicial.

Tabla 5.8 Programación inicial del personal de roll forming

Turno	Número Personal	Programación	Refrigerio (Hora)	Hora-Hombre	Hora-Máquina Disponible
1T	3	L-S/07:00-16:00	01:00	08:00	07:00
2T	3	L-S/14:00-23:00	01:00	08:00	07:00
3T	3	L-S/22:00-07:00	01:00	08:00	07:00
Total	9		03:00	24:00:00	21:00

Fuente: Elaboración propia

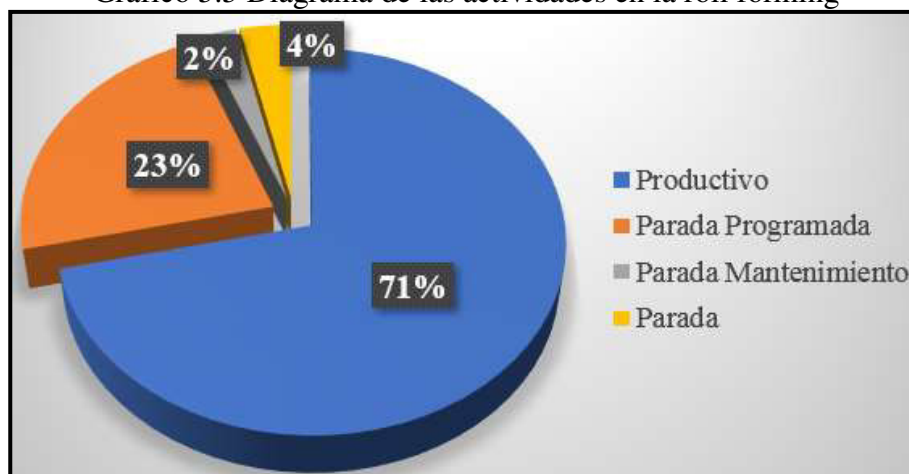
- El proceso de set-up en la máquina es un procedimiento de trabajo diario, permanente y necesario para la producción del proceso productivo, el cual tiene una duración diaria de 4 horas con 45 minutos el cual representa el 23% del tiempo disponible de la máquina por día, tarea que lo realiza el operario 1 debido a su experiencia laboral, lapso de tiempo importante en el cual la máquina del proceso se encuentra parada sin producción efectiva. (Tal como se detalla en la Tabla 5.9 y el Gráfico 5.5)

Tabla 5.9 Resumen por actividades en la roll forming

Reprocesos	Horas x Días
Productivo	15:00
Parada Programada	04:45
Parada Mantenimiento	00:30
Parada	00:45
Total general	21:00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5.5 Diagrama de las actividades en la roll forming



Fuente: Elaboración propia

- La máquina Roll Forming fabrica 27 tipos de productos (Ver Tabla 5.2), el cual varía de acuerdo al tipo, tamaño y espesor en los diversos largos solicitados por el cliente el cual son programados y controlados por el área de PCP.
- La máquina está conformada por 6 partes que son el bobinador, el enderezador de flejes, la prensa para postes, el cuerpo de roll forming para postes y perfiles, la mesa de corte final para postes y perfiles) y la salida de material (**Ver Anexo 05**).

Paso 2: Reconozca y separe las operaciones internas y operaciones externas

En este paso se detalla los tipos de actividades mencionados en la Tabla 5.9

1. **Productivo:** Es el tiempo invertido en la producción efectiva de los productos.
2. **Parada programada:** Son las actividades programadas y/o necesarias para realizar la producción efectiva de los productos. Entre las paradas programadas son:
 - A. **Cambio de bobina:** Son el conjunto de actividades que se realizan como el cargar fleje al bobinador y pasarlo por el cuerpo de la máquina con la finalidad de continuar con la producción efectiva de los productos.
 - B. **Cambio de formato espesor:** Son el conjunto de actividades que se realizan para el cambio de espesor del producto, los cuales son el cambio de bobina, regulación de cada uno de los rodillos del cuerpo de la máquina y los respectivos cambios de matrices.
 - C. **Cambio de formato tipo:** Son el conjunto de actividades que se realizan para los cambios de tipo de producto ya sea de poste a perfiles o viceversa, el cual incluye el cambio de bobina y los respectivos cambios de matrices.
 - D. **Cambio de formato tamaño:** Son el conjunto de actividades que se realizan para el cambio de formato de tamaño manteniendo el mismo espesor y tipo incluyendo las actividades como cambio de bobina y los respectivos cambios de matrices.
3. **Parada por mantenimiento:** Son el conjunto de actividades que se realizan con la finalidad de garantizar y/o restaurar la máquina para su efectiva operatividad. Las paradas por mantenimiento son:
 - A. **Mantenimiento preventivo:** Es el mantenimiento que se realiza ante una posible falla y/o programación planificada.
 - B. **Mantenimiento correctivo:** Es el mantenimiento que se realiza cuando la falla genera una parada de la máquina.
 - C. **Regularización por fallas de producción:** Son los mínimos ajustes que se realizan para poder retomar el proceso productivo.
4. **Parada:** Son el conjunto de actividades complementarias al proceso productivo como la charla de seguridad, coordinación de trabajo, limpieza del área, capacitaciones que se realizan en el proceso de roll forming postes y perfiles.

Debido al alto set-up que se reporta en las paradas programadas se realiza un análisis detallado de las actividades que la comprenden tal como se describe en la Tabla 5.12

La jerarquía de prioridades de las paradas programadas por cambio de formato se prioriza en el orden de espesor, tipo y tamaño debido al tiempo estándar de cada actividad tal como se resumen en la Tabla 5.10

Tabla 5.10 Tiempo estándar inicial de las paradas programadas

Paradas Programadas	Tiempo Estándar
Cambio de Bobina	00:11
Cambio de Formato Espesor	00:46
Cambio de Formato Tipo	00:20
Cambio de Formato Tamaño	00:15

Fuente: Elaboración propia

Paso 3: Convierta las operaciones internas a externas

Este paso se describe en la Tabla 5.12 donde se realiza el detalle de las actividades desarrolladas por los operarios durante las paradas programadas con la finalidad de convertir las operaciones internas a externas, para ello el grupo “Kaizen SMED” realiza el análisis ECRS (Eliminar, Combinar, Reducir y Simplificar) de cada uno de las actividades mencionadas, llegando a las siguientes mejoras:

- La actividad de levantamiento de bobina se convierte de una operación interna a una operación externa.
- La regulación de los rodillos del cuerpo de roll forming que es la actividad de mayor duración en el cambio de formato espesor será realizado por el personal de mantenimiento durante la fabricación productiva de la máquina, dicha actividad sólo se realizará con la máquina parada cuando se requiera modificar el espesor para la fabricación del mismo producto, donde la regulación de los rodillos será realizada por el operario 1 y el personal de mantenimiento.

Por lo tanto, se concluye que el área de PCP juega un papel muy importante en la planificación de la producción de la máquina Roll Forming con la finalidad de optimizar los procesos de set-up a realizar.

Paso 4: Haga más eficiente todas las actividades

En este paso se realizan dos mejoras los cuales permiten incrementar la disponibilidad de la máquina y la reducción de los tiempos de set-up de las paradas programadas.

a) Disponibilidad de la máquina

Debido a que la máquina del proceso de Roll Forming es considerada una herramienta estratégica en este proceso productivo se modifica la programación del

horario de trabajo del personal del proceso con la finalidad de obtener una mayor disponibilidad de la máquina, generando que por día el personal sólo trabaje 7 horas y media el cual genera por semana un vacío de 3 horas por persona el cual son reemplazados durante la semana por capacitaciones y entrenamientos, con la finalidad de involucrar y concientizar al personal sobre su importancia en la ejecución de las actividades del proceso tal como se detalla en la Tabla 5.11

Tabla 5.11 Programación estandarizada del personal

Turno	Número Personal	Programación	Refrigerio (Hora)	Hora-Hombre	Hora-Máquina Disponible
1T	3	L-S/06:00-14:15	00:45	07:30	07:30
2T	3	L-S/14:00-22:15	00:45	07:30	07:30
3T	3	L-S/22:00-06:15	00:45	07:30	07:30
Total	9		02:15	22:30	22:30

Fuente: Elaboración propia

b) Reducción en los cambios de las paradas programadas

La capacitación permanente dada al personal, es una de las herramientas más valiosas para la implementación exitosa de las mejoras Lean es por ello que a través de dicha actividad se logra el crecimiento laboral y el “empowerment” de todo el personal del proceso de la roll forming, el cual logra una reducción del 47% en el tiempo del set-up.

Es por ello que en la Tabla 5.12 se visualiza que a través de las capacitaciones realizadas por el grupo Kaizen se logra que los operarios 2 y el ayudante del proceso realicen las actividades del set-up en coordinación con el operario 1 y el personal de mantenimiento.

Paso 5: Documente las mejoras del proceso

Este paso es importante, debido a que garantiza el cumplimiento efectivo de las mejoras implementadas en el tiempo, para ello se programan capacitaciones con frecuencia semanal de acuerdo al programa de entrenamiento del grupo “Kaizen SMED”, entre los temas expuestos fueron el definición, aplicación y ventajas de la herramienta SMED. La programación de las capacitaciones realizadas se muestra en la Tabla 5.13. Además, se estandariza las actividades realizadas durante el proceso de set-up del proceso de roll forming, distribuyéndose dichas actividades entre los operarios del proceso y el personal de mantenimiento tal como se visualiza en la Tabla 5.14 con la finalidad de reducir el tiempo de set-up y mejorar su capacidad de producción del proceso

Tabla 5.12 Hoja de reducción de cambio de herramienta

Hoja de Reducción de cambio rápido de herramienta-SMED																	
FASE 2								FASE 3					FASE 4				
MÁQUINA ROLL FORMING		INICIAL		TIPO DE ACTIVIDAD				ANÁLISIS ECRS				FINAL		CAPACITACIONES			
ID	ACTIVIDAD	I	E	CB	CF-E	CF-TI	CF-TA	E	C	R	S	I	E	OP-1	OP-2	AYUD.	Mantto
1	Levantar bobina al bobinador	X		X	X	X	X				X		X	X		X	
2	Pasar el fleje por el enderesador de flejes	X		X	X	X	X				X	X		X		X	
3	Pasar el fleje por el cuerpo de la RF.	X		X	X	X	X				X	X		X			
4	Mover horizontal el cuerpo de la RF.	X			X	X					X	X		X			
5	Cambiar la matriz de prensa	X			X	X	X				X	X		X	X		
6	Cambiar la matriz de corte final	X			X	X	X				X	X		X	X		
7	Regular rodillo del cuerpo de la RF.	X			X				X			X	X	X			X
LEYENDA		NOTA															
CB	Cambio de bobina	<div> <div>X</div> Esta actividad es realizada , si además del cambio de espesor se realizará el cambio de producto a fabricar <div>X</div> Esta actividad es realizada si se fabricarán postes caso contrario se omite <div>X</div> Se considera operación interna cuando el cambio de espesor es para el mismo tipo de producto a fabricar </div>															
CF-E	Cambio de formato espesor																
CF-TI	Cambio de formato tipo																
CT-TA	Cambio de formato tamaño																
E	Eliminar																
C	Combinar																
R	Reducir																
S	Simplificar																
I	Operaciones internas																
E	Operaciones externas																
OP-1	Operario 1																
OP-2	Operario 2																
AYUD.	Ayudante																
MANTTO	Mantenimiento																

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.13 Programación de entrenamiento Kaizen SMED

Turno	Programación	Capacitación Martes-Viernes
1T	L-S/06:00-14:15	14:15-15:45
2T	L-S/14:00-22:15	12:30-14:00
3T	L-S/22:00-06:15	20:30-22:00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.14 Estandarización de las actividades

Máquina roll forming		Parada programadas por cambio de:				Encargados			
ID	Actividad	Bobina	Formato Espesor	Formato Tipo	Formato Tamaño	OP-1	OP-2	Ayud.	Mantto
1	Levantar bobina al bobinador	X	X	X	X			X	
2	Pasar el fleje por el enderezador de flejes	X	X	X	X			X	
3	Pasar el fleje por el cuerpo de la RF.	X	X	X	X	X			
4	Mover horizontal el cuerpo de la RF.		X	X		X			
5	Cambiar la matriz de prensa		X	X	X		X		
6	Cambiar la matriz de corte final		X	X	X		X		
7	Regular rodillo del cuerpo de la RF.		X			X			X

Fuente: Elaboración propia

Entre los resultados obtenidos de la implementación del SMED en el proceso de roll forming postes y perfiles se logra una reducción de 2 horas con 15 minutos en los cambios de las paradas programadas el cual representa una reducción del 47% del tiempo de set-up inicial tal como se visualiza en la Tabla 5.15 y la Tabla 5.16

Tabla 5.15 Resumen de la implementación del SMED

Cuadro Comparativo	Sin SMED	Con SMED
Tipo de Actividades	Horas x Días	Horas x Días
Productivo	15:00	18:45
Parada Programada	04:45	02:30
Parada Mantenimiento	00:30	00:30
Parada	00:45	00:45
Total general	21:00	22:30

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5.16 se realiza el cuadro comparativo de los tiempos estándares de las paradas programadas donde se visualiza un porcentaje de reducción total del set-up en un 47%, donde el mayor impacto se logra en el cambio de formato espesor el cual tuvo una disminución en un 67% del tiempo inicial, mientras los cambios de formato tipo, tamaño y de bobina logran una disminución del 45% ,40% y 36% en respectivamente.

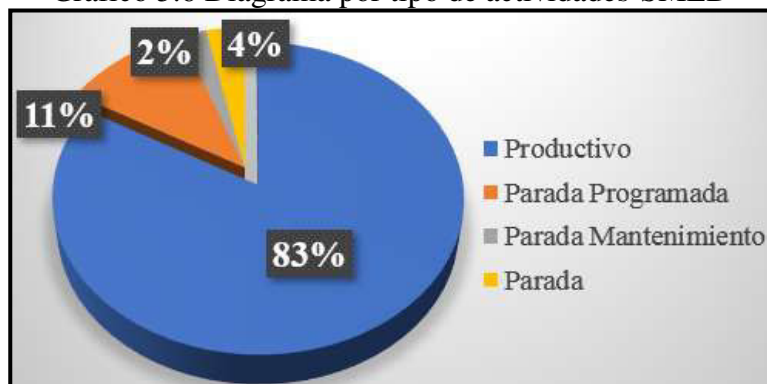
Tabla 5.16 Cuadro comparativo de las paradas programadas

Paradas Programadas	Tiempo Estándar Sin SMED	Tiempo Estándar Con SMED	Porcentaje
Cambio de Bobina	00:11	00:07	36%
Cambio de Formato Espesor	00:46	00:15	67%
Cambio de Formato Tipo	00:20	00:11	45%
Cambio de Formato Tamaño	00:15	00:09	40%
Porcentaje de reducción			47%

Fuente: Elaboración propia

Además de acuerdo a la mejora implementada del SMED, el tiempo de parada programada representa el 11% del nuevo tiempo disponible de la máquina, lo cual genera una disponibilidad de la máquina en un 83% por ende se traduce en un incremento de la producción del proceso de roll forming de postes y perfiles de 3 TN por día. Tal como se detalla en el Gráfico 5.6

Gráfico 5.6 Diagrama por tipo de actividades-SMED



Fuente: Elaboración propia

2. Implementación de la estandarización de operaciones

Según el análisis en el mapa del proceso inicial, se genera un tiempo de reprocesos de 4 horas con 15 minutos en el proceso de granalla, el cual genera una producción diaria en el proceso de 20 TN y un inventario en proceso de 2TN, razón por la cual se analiza la situación inicial del proceso y a través de la implementación de la estandarización de operaciones se reduce el tiempo por reproceso.

Se conforma el grupo “Kaizen Estándar” que está conformado por las áreas de PCP, Producción, Mantenimiento, Control de calidad y los supervisores del proceso productivo con quienes se realizan capacitaciones permanentes sobre temas de la estandarización de procesos, grupos Kaizen y conocimientos del proceso productivo con la finalidad de analizar y mejorar el proceso.

Para ello se analiza la situación inicial del proceso de Granalla el cual se obtiene la siguiente información:

- En el proceso de Granalla laboran 18 personas que se distribuyen en tres turnos rotativos de 8 horas cada uno, y un supervisor encargado del proceso, los cuales generan una disponibilidad de 21 horas-máquina (Ver Tabla 5.17). Además, se generan 4 horas y 15 min en reprocesos el cual representa el 20% del tiempo disponible de la máquina (Ver Tabla 5.18 y Gráfico 5.7)
- Los cambios de granalla y los mantenimientos preventivos se realizan en el tiempo de refrigerio del personal con la finalidad de no afectar la producción.

Tabla 5.17 Programación inicial del proceso de granalla

Turno	Número Personal	Programación	Refrigerio (Hora)	Hora-Hombre	Hora-Máquina Disponible
1T	6	L-S/07:00-16:00	01:00	08:00	07:00
2T	6	L-S/14:00-23:00	01:00	08:00	07:00
3T	6	L-S/22:00-07:00	01:00	08:00	07:00
Total	18		03:00	24:00:00	21:00

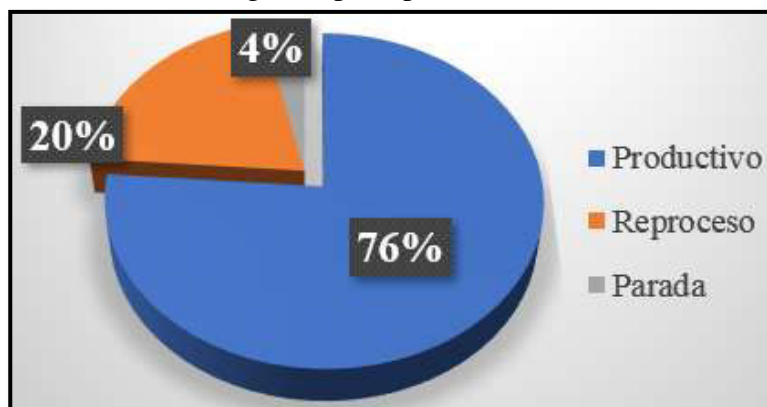
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.18 Disponibilidad de la máquina granalladora

Tipo de Actividades	Horas x Días
Productivo	16:00
Reproceso	04:15
Parada	00:45
Total general	21:00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5.7 Diagrama por tipo de actividades-Granalla



Fuente: Elaboración propia

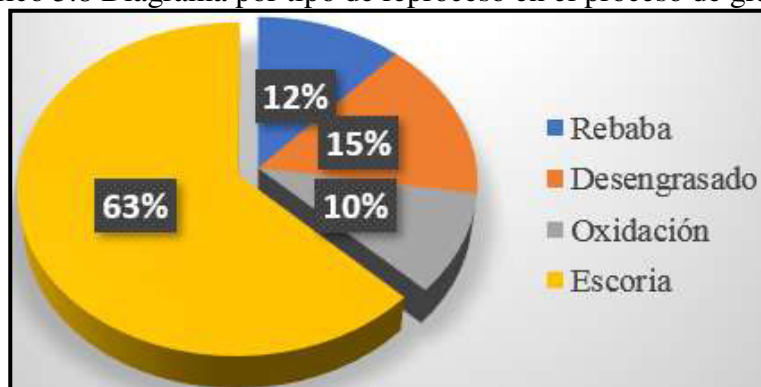
Se realiza el análisis de los reprocesos en el proceso de Granalla, el cual se concluye que los reprocesos son generados por la rebaba, desengrasado, oxidación y escoria de los productos fabricados el cual representan el 12%,15%,10% y el 63% respectivamente del tiempo en reprocesos tal como se visualizan en la Tabla 5.19 y el Gráfico 5.8.

Tabla 5.19 Duración de reprocesos en el proceso de granalla

Reprocesos	Horas x Día
Rebaba	00:30
Desengrasado	00:40
Oxidación	00:25
Escoria	02:40
Total general	04:15

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5.8 Diagrama por tipo de reproceso en el proceso de granalla



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se realiza la implementación de mejora de la estandarización de operaciones por cada motivo de reproceso en el proceso de granalla.

a) **Estandarización por reproceso de rebaba**

Cabe resaltar que la rebaba en el proceso productivo es la porción de material que sobresale en los bordes o superficie del producto debido a un desgaste o excesiva fricción de la matriz sobre el producto el cual genera reprocesos en el proceso de granallado, debido a que genera un pésimo acabado final en el producto terminado debido a la acumulación de pintura en las superficies del producto.

De acuerdo a la Matriz Proceso-Producto (Ver Tabla 5.7)se visualiza que todos los productos que se fabrican en el proceso productivo , pasan por el proceso de roll forming y/o proceso de prensa y doblez razón por la cual requieren el uso de matrices dentro de sus operaciones a realizar.

Debido a la importancia del mantenimiento preventivo de las matrices en el proceso productivos se realiza la estandarización de su programación tal como se menciona en la Tabla 5.20 el cual se prioriza la frecuencia del mantenimiento de acuerdo a la producción de toneladas por mes (Ver Tabla 5.6) donde se detallan los productos más representativos del proceso productivo.

La programación del mantenimiento de matrices del proceso de roll forming postes y perfiles por su alta producción se programan con frecuencia semanal, mientras las matrices de roll forming diagonales y la de prensa (Fabricación de uñas) se programan con frecuencia quincenal, los demás productos complementarios del proceso productivo debido a su baja producción se programan con frecuencia mensual.

El resultado de la estandarización de la programación de mantenimiento de matrices genera una reducción del 67% del tiempo de reproceso en rebaba inicial tal como se detalla en la tabla de comparación de los reprocesos en el proceso de granalla(Ver Tabla 5.23)

Tabla 5.20 Estándar del programa de Mantenimiento de matrices

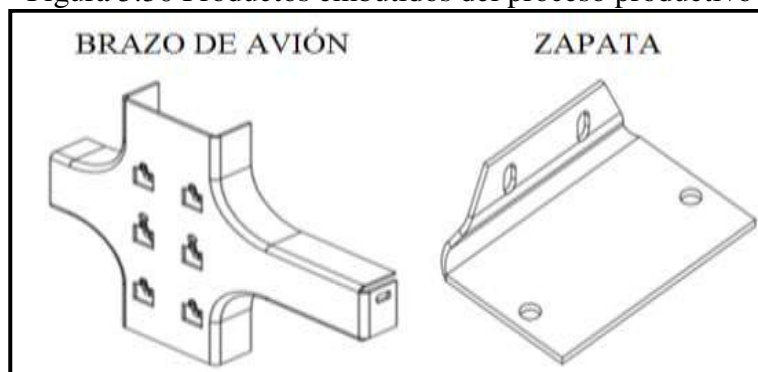
Área	Productos	Frecuencia Mantenimiento	Matriz
Roll Forming Postes-Perfiles	Perfiles Postes	Quincenal	Prensa Corte final
Roll Forming Diagonal-Travesaño	Diagonal Travesaño	Quincenal	Perforado Corte de diagonales
Prensa y Doble	Uñas	Quincenal	Troquelado Embutido de uñas
	Brazo de Avión	Mensual	Corte Troquelado Embutido de uñas
	Placa base	Mensual	Troquelado

Fuente: Elaboración propia

b) Estandarización por reproceso de desengrasado

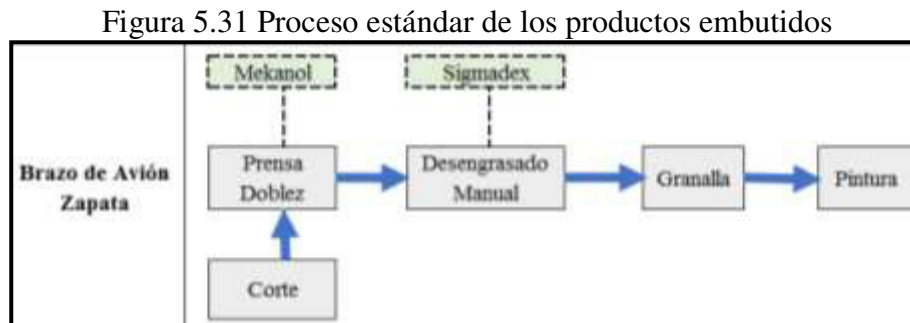
Las matrices son herramientas que se usan en las prensas para realizar las actividades de cortado, embutido y troquelado de los productos a fabricar el cual requieren de refrigerantes para evitar el sobrecalentamiento y/o desgastes de los punzones y sus placas bases. Para la realización de la actividad del troquelado debido al gran esfuerzo que realizan las matrices sobre el producto se usan una mayor cantidad del refrigerante el cual es el causante de los reprocesos por desengrasado en el proceso de granallado debido al excesiva acumulación de grasa en la superficie del producto. Cabe resaltar que el refrigerante usado en el proceso de prensa es el mekanol, el cual es un líquido de apariencia lechosa de color blanco. Entre los productos que son embutidos en el proceso de producción son el brazo de avión y la zapata tal como se observa en la Figura 5.30

Figura 5.30 Productos embutidos del proceso productivo



Fuente: Elaboración propia

Debido a que un 15% del tiempo por reproceso en el proceso de granallado es generado por el desengrasado de los productos (Ver Gráfico 5.8) se estandariza el proceso de fabricación de dichos productos tal como se detalla en la Figura 5.31 para ello se usa un producto fostatizante llamado “SIGMADEX” (Ver en el **Anexo 09-Ficha Técnica**) para realizar la actividad del desengrasado manual antes del proceso de granallado el cual reduce significativamente los reprocesos en el proceso de granallado.



Fuente: Elaboración propia

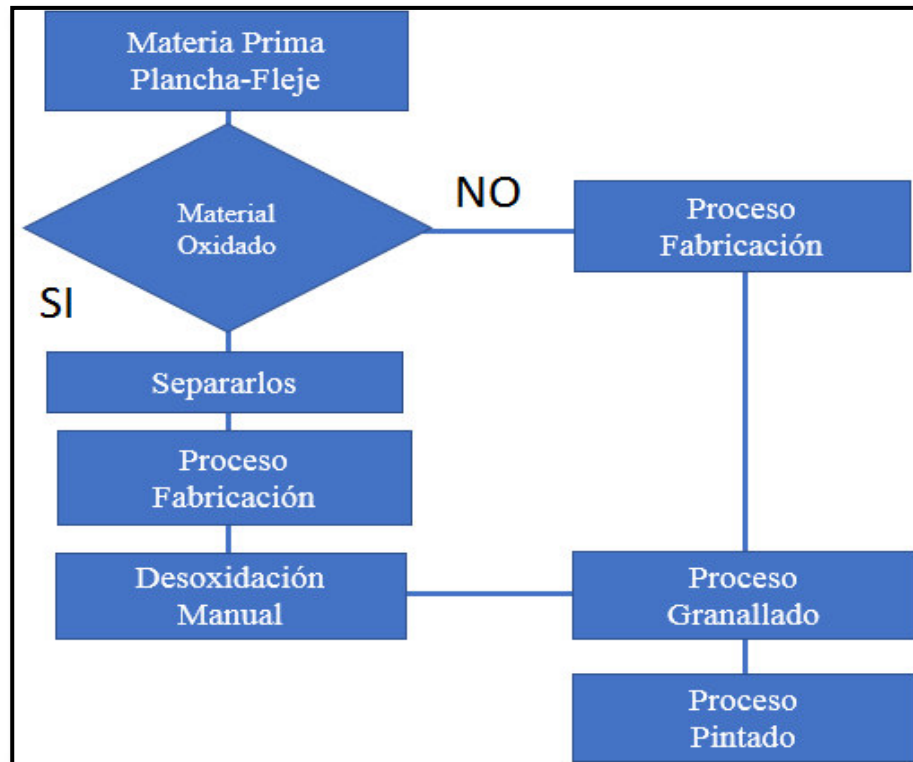
El resultado de la estandarización del proceso de fabricación de los productos embutidos genera una reducción del 75% del tiempo de reproceso por desengrasado inicial en el proceso de granallado tal como se detalla en la tabla de comparación de los reprocesos en el proceso de granalla(Ver Tabla 5.23)

c) Estandarización por reproceso de oxidación

Cabe resaltar que el acero por naturaleza tiende a oxidarse y más en condiciones húmedas es por ello que el acero que se dispone en los almacenes de la planta se encuentra con óxido en un 2% del stock disponible, las cuales se encuentran ubicadas en la parte inicial/final de los flejes y en las primeras /últimas planchas cortadas.

Debido a que un 9% del tiempo por reproceso en el proceso de granallado es generado por la oxidación del acero (Ver Gráfico 5.8) se estandariza el flujo del proceso de fabricación de dichos productos tal como se detalla en la Figura 5.32 .Para ello se realiza capacitaciones permanentes para concientizar al personal sobre el impacto de esta materia prima en el proceso de granallado para realizar su separación y así evitar su combinación con los productos en buen estado, además se aplica el desoxidante “SIGMADEX” antes del proceso de granallado con la finalidad de reducir el óxido en la superficie del producto.

Figura 5.32 Proceso estándar de productos oxidados



Fuente: Elaboración propia

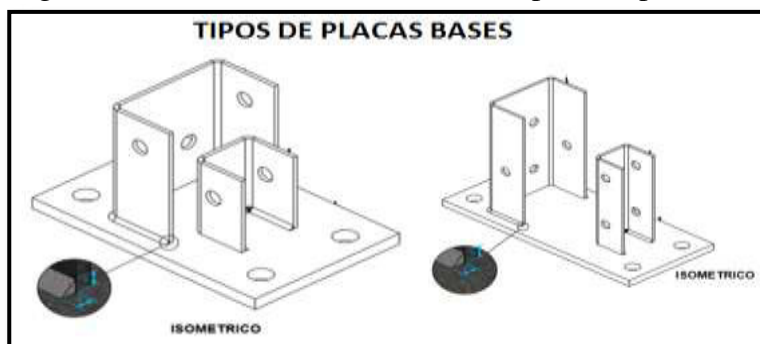
La estandarización del proceso de fabricación para los productos con materia prima oxidada generan una reducción del 60% del tiempo de reproceso por oxidación de los productos tal como se detalla en la tabla de comparación de los reprocesos en el proceso de granalla(Ver Tabla 5.23)

d) Estandarización por reproceso de escoria

La escoria son residuos y/o salpicaduras de soldadura generados por las dimensiones de los cordones soldados realizados en el proceso de soldadura.

Los productos ensamblados más representativos que se fabrican en el proceso de Soldadura son las vigas y las placas bases los cuales son fabricados a través del proceso de soldadura manual. (Ver Figura 5.33)

Figura 5.33 Productos ensamblados del proceso productivo



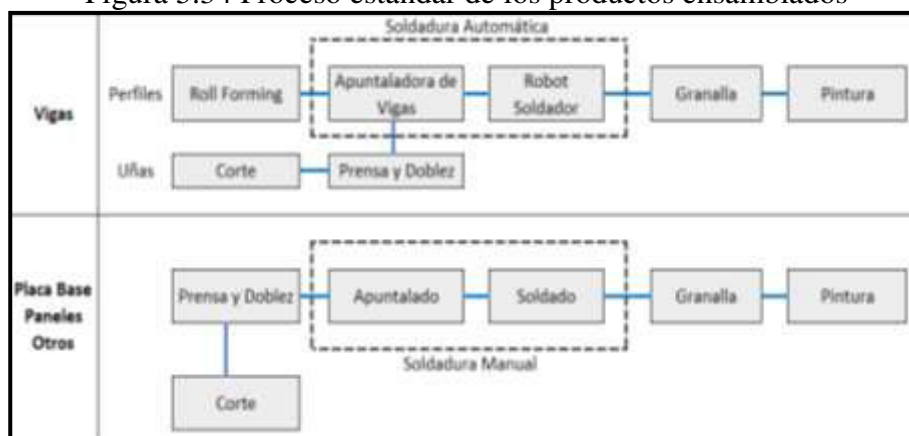
Fuente: Elaboración propia

Debido a que un 69% del tiempo por reproceso en el proceso de granallado es generado por la escoria de los productos ensamblados (Ver Gráfico 5.8) se realiza la estandarización de los productos ensamblados tal como se visualiza en la Figura 5.34.

- Las vigas por ser los productos de mayor producción que se fabrican en el proceso de soldadura se realizan de manera automática con la máquina Apuntaladora de Vigas y el Robot Soldador el cual genera un gran impacto en la reducción en los reprocesos por escoria.
- Los productos complementarios como placa base , paneles y otros seguirán fabricandose con la soldadura manual.

La estandarización de los procesos ensamblados genera una reducción del 53% del tiempo de reproceso por escoria de los productos tal como se detalla en la Tabla 5.23

Figura 5.34 Proceso estándar de los productos ensamblados



Fuente: Elaboración propia

Además, entre las mejoras implementadas se estandariza el horario de trabajo en el proceso de granallado con la finalidad de aumentar la disponibilidad de la máquina y aumentar la productividad del proceso tal como se visualiza en la Tabla 5.21

Tabla 5.21 Programación estandarizada del proceso de Granalla

Turno	Número Personal	Programación	Refrigerio (Hora)	Hora-Hombre	Hora-Máquina Disponible
1T	6	L-S/07:00-15:15	00:45	07:30	07:30
2T	6	L-S/15:00-23:15	00:45	07:30	07:30
3T	6	L-S/23:00-07:15	00:45	07:30	07:30
Total	18		2:15:00	22:30:00	22:30:00

Fuente: Elaboración propia

Entre los resultados obtenidos en la implementación de la estandarización de operaciones en el proceso de granalla se logra una reducción de 2 horas con 30 minutos en los tiempos por reproceso el cual representa una reducción del 59% del tiempo inicial tal como se visualiza en la Tabla 5.22 y la Tabla 5.23.

Tabla 5.22 Resultados de la implementación de la estandarización

Cuadro Comparativo	Sin Estándar	Con Estándar
Tipo de Actividades	Horas x Días	Horas x Días
Productivo	16:00	20:00
Reproceso	04:15	01:45
Parada	00:45	00:45
Total general	21:00	22:30

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5.23 se realiza el cuadro comparativo de los tiempos por reproceso donde se visualiza un porcentaje de reducción total en un 59%, donde el mayor impacto se logra en los reprocesos por desengrasado el cual tuvo una disminución en un 75% del tiempo inicial, mientras los reprocesos por rebaba, oxidación y escoria se lograron una disminución del 67% ,60% y 53% en respectivamente.

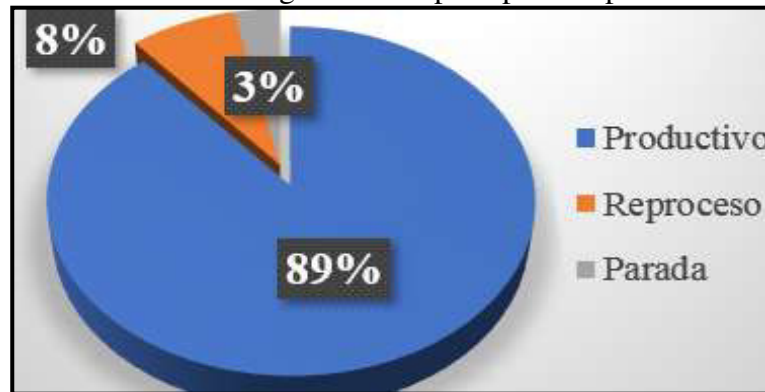
Tabla 5.23 Comparación de los reprocesos en el proceso de granalla

Cuadro Comparativo	Sin Estándar	Con Estándar	Porcentaje Reducción
Reprocesos	Horas x Día	Horas x Día	
Rebaba	00:30	00:10	67%
Desengrasado	00:40	00:10	75%
Oxidación	00:25	00:10	60%
Escoria	02:40	01:15	53%
Total general	04:15	01:45	59%

Fuente: Elaboración propia

Además de acuerdo a la mejora implementada, el tiempo por reproceso representa el 8% del nuevo tiempo disponible de la máquina, lo cual genera una disponibilidad de la máquina en un 89% por ende se traduce en un incremento en la producción en 5 TN por día.

Gráfico 5.9 Diagrama final por tipo de reproceso



Fuente: Elaboración propia

3. Implementación del JIT

La implementación del JIT se realiza con la finalidad de balancear los procesos productivos y la reducción de los inventarios de los productos en proceso y materias primas generando un incremento en la productividad del proceso productivo.

Se conforma el grupo “Kaizen JIT” que está conformado por las áreas de PCP, Producción, Mantenimiento, Control de Calidad, Logística y Almacén con quienes se realizan capacitaciones permanentes sobre temas como el JIT, grupos Kaizen y conocimientos del proceso productivo con la finalidad de analizar y mejorar los procesos productivos.

Cabe resaltar que la implementación del JIT se realiza en base a las mejoras implementadas en el proceso como el SMED y la estandarización de operaciones. La implementación se centra en el abastecimiento de materia prima y el balance de los procesos productivos.

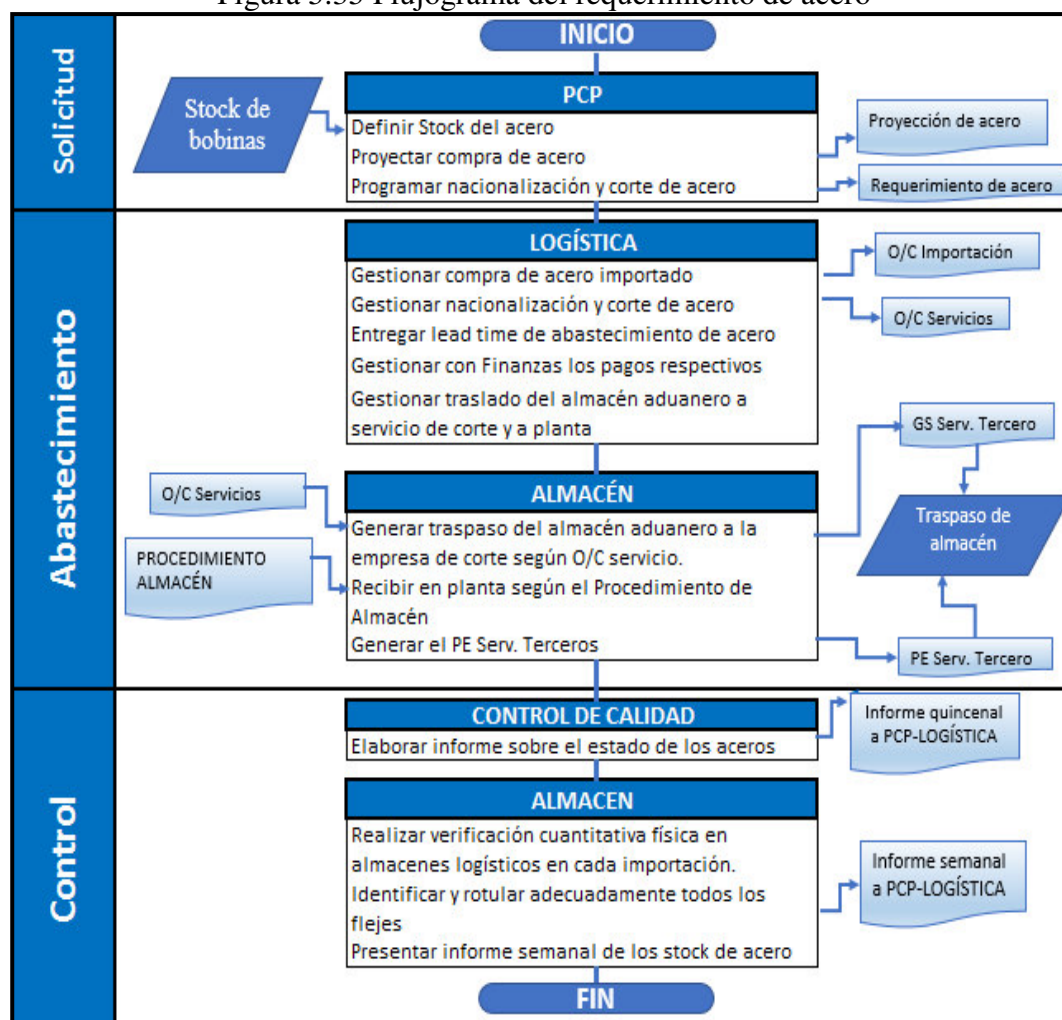
A. Abastecimiento de materia prima

De acuerdo a la Distribución de las compras de la empresa (Ver Tabla 5.5) donde se detalla las compras más representativas que realiza la empresa en los cuales se enfoca el análisis en la mejora del proceso de abastecimiento al almacén principal

1) Acero

El acero es la materia prima más importante en La Empresa Metalmecánica ya que representa el 70% de las compras que realiza la empresa (Ver Tabla 5.5) razón por la cual se realiza el flujograma del requerimiento de acero con la finalidad de mejorar su control respectivo, el cual se realiza en coordinación permanente entre las áreas de PCP, Logística, Almacén y Control de calidad (Ver Figura 5.35).

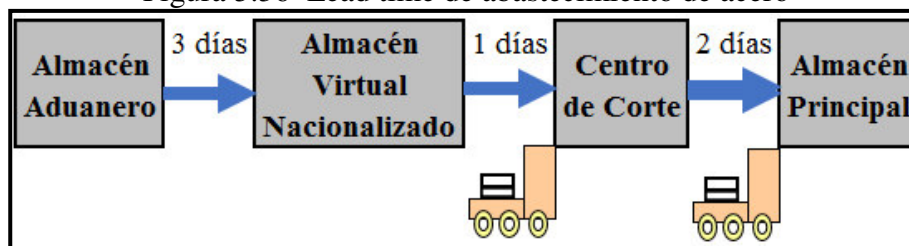
Figura 5.35 Flujograma del requerimiento de acero



Fuente: Elaboración propia

La planificación del proceso productivo mejora y comienza a realizarse con frecuencia semanal logrando consigo una mejor planificación del abastecimiento del acero logrando que su lead time de abastecimiento desde su requerimiento de los almacenes aduaneros al almacén principal se realice en 6 días (Ver Figura 5.36), además se establecieron los stocks de flejes y plancha para el almacén principal de la empresa tal como se detalla en la Tabla 5.24 y en la Tabla 5.25 respectivamente.

Figura 5.36 Lead time de abastecimiento de acero



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.24 Stock de flejes

Producto	Formato (Pulgadas)	Espesor (mm)	Stock (TN)
Poste	3" X 3"	2	15
	4" X 3"		25
	5" X 3"		20
	4" X 3"	2.5	15
	5" X 3"		15
Perfil "C"	2" X 4"	1.6	25
	2" X 4"	2	25
Perfil "J"	2" X 4"	1.6	10
Stock del almacén			150

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.25 Stock de planchas

Formato (mm)	Espesor (mm)	Stock (TN)
1200 X 2400	2	15
1200 X 5200		5
1200 X 2400	2.5	10
1200 X 5200		5
1200 X 2400	2.9	15
Stock del almacén		50

Fuente: Elaboración propia

2) Pintura

La pintura en polvo representa el 12% de las compras que realiza la empresa (Ver Tabla 5.5), los colores más utilizados en el proceso de pintura son azul y naranja, para lo cual se realiza su análisis de consumos histórico por mes obteniendo un consumo promedio de 16 kg por tonelada fabricada.

Se realiza el programa de abastecimiento de pintura en donde se detalla el requerimiento del ingreso al almacén con frecuencia semanal de 2.5 TN (Ver Tabla 5.26).

Tabla 5.26 Proyección de abastecimiento de pintura

Pintura Polvo	Primera Semana (TN)	Segunda Semana (TN)	Tercera Semana (TN)	Cuarta Semana (TN)	Total (TN)
Azul	1	1	1	1	4
Naranja	1.5	1.5	1.5	1.5	6
Proyección de compra e ingreso mensual					10

Fuente: Elaboración propia

3) Materia prima otros para producción manufactura

La materia prima complementaria para el proceso de manufactura representa el 5% de las compras que realiza la empresa (Ver Tabla 5.5), debido a que son usados para los productos complementarios del proceso razón por la cual son solicitados con el enfoque Pull (“A pedido del cliente”) por ende no se dispone de stock en el almacén. La materia prima complementaria son la malla electrosoldada, malla tejida, riel Stanley tubo cuadrado, tubo rectangular, tubo redondo, varilla, viga H estructural.

B. Nivelación de cargas

En esta parte se realiza la distribución de las cargas en producción de todos los procesos productivos con la finalidad de generar flexibilidad, fluidez en el proceso sin obtener inventarios en proceso. Debido a la gran dependencia entre procesos y la poca disponibilidad de las máquinas se estandariza el horario del personal de producción tal como se detalla en la Tabla 5.27.

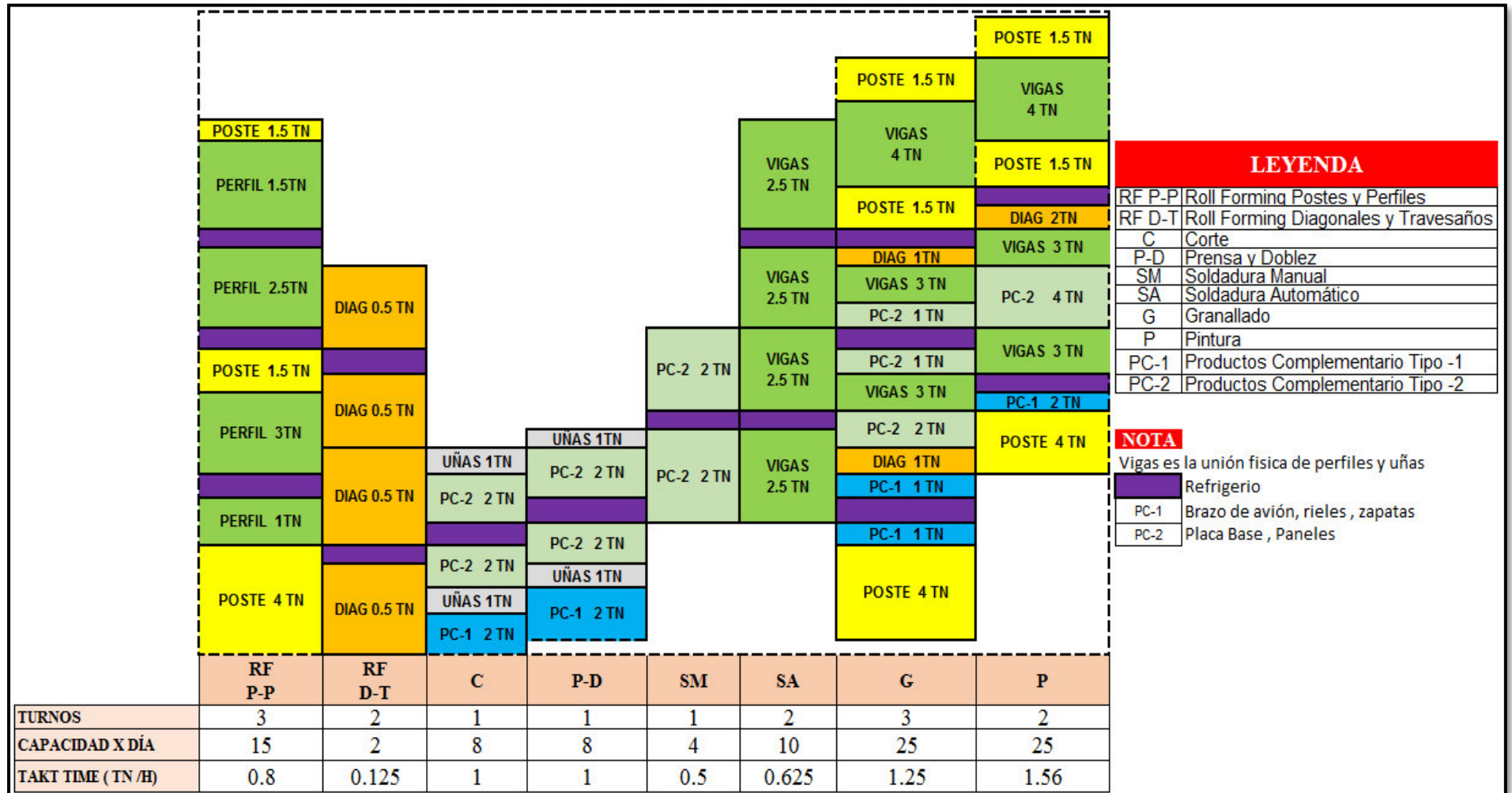
Tabla 5.27 Estandarización de la programación del proceso productivo

Proceso	Turno	Programación Inicial	Programación Final
Roll Forming Postes y Perfiles	1T	L-S/ 07:00 -16:00	L-S/ 06:00 -14:15
	2T	L-S/ 14:00 -23:00	L-S/ 14:00 -22:15
	3T	L-S/ 22:00 -07:00	L-S/ 22:00 -06:15
Roll Forming Diagonal-Travesaño	1T	L-S/ 08:00 -17:00	L-S/ 06:00 -15:00
	2T	L-S/ 20:00 -05:00	L-S/ 15:00 -24:00
Corte	1T	L-S/ 08:00 -17:00	L-S/ 06:00 -15:00
Prensa y Doble	1T	L-S/ 08:00 -17:00	L-S/ 07:00 -16:00
Soldadura Manual	1T	L-S/ 08:00 -17:00	L-S/ 12:00 -21:00
Soldadura Automática	1T	L-S/ 08:00 -17:00	L-S/ 12:00 -21:00
	2T	L-S/ 20:00 -05:00	L-S/ 21:00 -06:00
Granallado	1T	L-S/ 07:00 -16:00	L-S/ 07:00 -15:15
	2T	L-S/ 14:00 -23:00	L-S/ 15:00 -23:15
	3T	L-S/ 22:00 -07:00	L-S/ 23:00 -07:15
Pintura	1T	L-S/ 08:00 -17:00	L-S/ 14:00 -23:00
	2T	L-S/ 20:00 -05:00	L-S/ 23:00 -08:00

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5.37 se muestra el balance del proceso productivo para ello se trabaja con el takt-time de cada proceso y las mejoras implementadas en el proceso de roll forming y granalla.

Figura 5.37 Balance de los procesos productivos



Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que la nivelación de cargas realizadas en el proceso productivo tiene como objetivo generar fluidez en el proceso el cual se logra a través de procesos estandarizados y flexibles al proceso productivo.

Entre los resultados obtenidos en la implementación del Just in Time el proceso productivo se logra una reducción promedio del 17% del lead time de fabricación de los proyectos fabricados el cual son clasificados por el rango de toneladas tal como se visualiza en la Tabla 5.28.

Tabla 5.28 Comparación de lead time de fabricación

Toneladas	Tiempo Inicial- Días	Tiempo Final- Días	Variación
10-20	6	5	17%
20-40	12	10	17%
40-80	15	12	20%
80-100	18	15	17%
100-150	24	20	17%
150-200	28	24	14%
Variación promedio			17%

Fuente: Elaboración propia

Además de acuerdo a las mejoras implementadas, se logran una reducción del 43% del inventario del acero en el almacén principal de la empresa, eliminación total de los inventarios en proceso del proceso productivo y un incremento de la producción diaria en un 25% tal como se muestra en la Tabla 5.29.

Tabla 5.29 Mejoras implementadas por el JIT

Frecuencia	Inicial (TN)	Final (TN)	Variación
Inventario de acero	350	200	43%
Inventario en proceso	50	0	100%
Producción diaria	20	25	25%

Fuente: Elaboración propia

5.2.4. Impacto Económico

1) Implementación del SMED

De acuerdo a los resultados obtenidos en la implementación de la herramienta SMED se obtuvo una reducción del 47% del set up de las paradas programadas por día el cual genera un incremento del 25% de la producción diaria en el proceso de Roll Forming postes y perfiles.

Para realizar el análisis del impacto económico en la reducción de costos de las paradas programadas, se obtuvieron los siguientes datos brindado por la empresa como el costo de hora hombre de S/9.5 y el costo de hora máquina de S/25, donde se obtuvo un ahorro mensual de S/2,1409.63 soles el cual representa una reducción del 36% del costo inicial. (Ver Tabla 5.30)

Tabla 5.30 Impacto económico SMED

Resultados	Sin SMED		Con SMED	
Tipo de Actividades	Horas	Valorizado	Horas	Valorizado
Personal de Roll Forming	4.5	S/ 128.25	2.5	S/ 71.25
Personal de Mantenimiento	-	-	0.75	S/ 21.38
Máquina	4.5	S/ 112.50	2.5	S/ 62.50
Gasto diario		S/ 240.75		S/ 155.13
Gasto mensual		S/ 6,018.75		S/ 3,878.13
Ahorro mensual				S/ 2,140.63
Porcentaje de reducción mensual				36%

Fuente: Elaboración propia

2) Implementación de la estandarización de operaciones.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la implementación de la herramienta de la estandarización de operaciones se obtuvo una reducción del 59% de las paradas por reproceso por día el cual genera un incremento del 25% de producción diaria en el proceso de Granalla.

Para realizar el análisis del impacto económico en la reducción de costos en las paradas por reproceso, se obtuvieron los siguientes datos brindados por la empresa como el costo de hora hombre de S/7.5 y el costo de hora máquina de S/30, además se genera un consumo del Sigmadex 2 LTS x día cuyo precio es de 25 soles por litro el cual se logra un ahorro mensual de S/ 4993.13 el cual representa una reducción del 64% del costo inicial. (Ver Tabla 5.31)

Tabla 5.31 Impacto económico estandarización de operaciones

Resultados	Sin Estandarización		Con Estandarización	
	Horas	Valorizado	Horas	Valorizado
Personal de Granalla	4.15	S/ 186.75	1.15	S/ 32.78
Compra de Sigmadex	-	-	2 Lts	S/ 50.00
Máquina	4.15	S/ 124.50	2.5	S/ 28.75
Gasto diario		S/ 311.25		S/ 111.53
Gasto mensual		S/ 7,781.25		S/ 2,788.13
Ahorro mensual				S/ 4,993.12
Porcentaje de reducción mensual				64%

Fuente: Elaboración propia

3) Implementación del Just in time

De acuerdo a los resultados obtenidos en la implementación de la herramienta de la JIT se obtuvo una reducción del 17% del lead time de fabricación, debido al incremento del 25% de la producción diaria en el proceso productivo.

Para realizar el análisis del impacto económico se obtuvieron los siguientes datos brindado por la empresa como el precio del acero de \$500 por tonelada, un tipo de cambio de S/3.2 por dólar el cual se logra un ahorro mensual de S/. 320.000,00 el cual representa un ahorro mensual del 50%. (Ver Tabla 5.32)

Tabla 5.32 Impacto económico del JIT

Frecuencia	Inicial (TN)	Valorizado	Final (TN)	Valorizado
Inventario de acero	350	S/. 560,000.00	200	S/. 320,000.00
Inventario en proceso	50	S/. 80,000.00	0	S/. 0.00
Gasto mensual		S/. 640,000.00		S/. 320,000.00
Ahorro mensual				S/. 320,000.00
Porcentaje de reducción mensual				50%

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, las mejoras implementadas generaron un incremento de la producción mensual en 125 Tn, para lo cual se asume una utilidad de 15% del precio del acero obteniendo un ingreso de S/. 36.000,00 mensuales, por ende, se obtuvo un incremento de **S/. 363.133,75** en la utilidad total mensual de la empresa después de la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing.

5.3. Contratación de hipótesis

5.3.1. Primera hipótesis

La implementación del SMED reduce los costos en el proceso de roll forming postes y perfiles.

Se obtiene como resultados una reducción de 2 horas con 15 minutos en los cambios de las paradas programadas el cual representa una reducción del 47% del tiempo de set-up inicial, logrando un mayor impacto en el cambio de formato espesor el cual tuvo una reducción en un 67%. Además, se logra una disponibilidad de la máquina en el 83% lo cual se traduce en un incremento de la producción del proceso de roll forming de postes y perfiles de 3 TN por día en dicho proceso. Las mejoras implementadas generan un ahorro mensual de S/2,1409.63 soles el cual representa una reducción del 36% del costo inicial.

5.3.2. Segunda hipótesis

La implementación de la estandarización de operaciones mejora la calidad en el proceso granalla.

Se obtiene como resultados una reducción de 2 horas con 30 minutos en los tiempos por reproceso el cual representa una reducción del 59%, logrando un mayor impacto en los reprocesos por desengrasado el cual tuvo una reducción en un 75%. Además, se genera una disponibilidad de la máquina en un 89% por ende se traduce en un incremento en la producción en 5 TN por día en dicho proceso. Las mejoras implementadas logran un ahorro mensual de S/ 4993.13 el cual representa una reducción del 64% del costo inicial.

5.3.3. Tercera hipótesis

La implementación del JIT reduce el tiempo de fabricación de los procesos productivos.

Se obtiene como resultados una reducción del 17% del lead time de fabricación. Además de acuerdo a las mejoras implementadas, se logran una reducción del 43% del inventario del acero en el almacén principal de la empresa, eliminación total de los inventarios en proceso del proceso productivo y un incremento de la producción diaria en un 25%. Las mejoras implementadas logran un ahorro mensual de S/. 320.000,00 el cual representa un ahorro mensual del 50%.

5.3.4. Discusión de resultados

A partir de los resultados obtenidos de las mejoras implementadas se lograron los siguientes resultados:

- Un ahorro del 36% en los costos por set-up de las paradas programadas del proceso de roll forming postes y perfiles a través de la implementación del SMED.
- Un ahorro del 64% en los costos por reproceso del proceso de granalla a través de la implementación de la Estandarización de Operaciones
- Finalmente, un ahorro del 50% en los inventarios de la empresa a través de la implementación del JIT, logrando un incremento en la rentabilidad de la empresa **S/. 363.133,75** mensuales.

Con los resultados obtenidos y con el respectivo análisis, se acepta la hipótesis general que la implementación de la metodología Lean Manufacturing mejora el sistema de producción en la empresa metalmecánica.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1. En el presente trabajo de investigación se realiza la implementación de las herramientas Lean obteniendo como resultados una reducción del 47% del set-up en el proceso de roll forming, reducción del 59% del tiempo de reprocesos en el proceso de granalla y finalmente una reducción del 17% del lead time en el proceso productivo de la Empresa Metalmecánica a través de la implementación de las herramientas del SMED, Estandarización de operaciones y Just in time.
2. De los resultados obtenidos de la implementación de las herramientas Lean se obtiene un ahorro mensual de S/ 363.133,75 lo cual confirma la fiabilidad de la hipótesis principal.
3. La implementación del SMED genera en el proceso de roll forming una reducción del 47% del set-up, generando un mayor impacto en el tiempo de cambio de formato de espesor con una reducción del 67%, dichas mejoras generaron una disponibilidad de la máquina en un 84% por ende un incremento de la producción en 3 toneladas por día en dicho proceso.
4. La implementación de la Estandarización de Operaciones genera una reducción del 59% del tiempo de reproceso, generan un mayor impacto en los reprocesos por desengrasado el cual tuvo una reducción en un 75%, dichas mejoras generan una disponibilidad de maquina en un 89% por ende un incremento de 5 toneladas en dicho proceso.
5. La implementación del Just in Time (JIT) genera una reducción del 17% del lead time de fabricación del proceso productivo, además logra una reducción del 43% del inventario del acero en el almacén principal de la empresa, eliminación total de los inventarios en proceso del proceso productivo y un incremento de la producción diaria del 25%.

6.2. Recomendaciones

1. Es importante para cuando se implementa las herramientas del Lean Manufacturing toda la organización debe comprometerse en el cambio, además tener en cuenta que el resultado hará a la empresa altamente competitiva, por lo que su implementación será el punto de partida de la mejora continua.
2. Se recomienda que para una correcta implementación de las herramientas Lean es importante el análisis y diagnóstico del proceso a través del mapa de proceso (VSM) ya que ello ayuda a determinar la herramienta a implementar.
3. Asimismo, se recomienda que para la implementación de la herramienta Lean se formen los grupos Kaizen ya que genera que el personal de la empresa se involucre en las mejoras y ayude al trabajo en equipo.
4. La metodología Lean no solo es aplicado en los rubros de manufactura sino es aplicado en todo proceso organizacional debido a que tiene como finalidad optimizar la cadena de valor de la empresa.
5. Finalmente se recomienda que las mejoras implementadas, se estandaricen, documenten en procedimientos y/o instructivos para asegurar que las mejoras perduren en el tiempo y que sirvan como lecciones aprendidas a futuro.

Bibliografía

- Aguirre, Y. (2014). *Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las pymes*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- ALACERO. (30 de Agosto de 2018). *Asociación Latinoamericana del Acero*. Obtenido de Asociación Latinoamericana del Acero: <https://www.alacero.org/>.
- Araníbar, M. (2016). *Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Castrejón, A. (2013). *Implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el área de empaque de un laboratorio farmacéutico*. México: Universidad Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativa.
- Concha, J., & Barahona, B. (2013). *Mejoramiento de la productividad en la empresa Induacero Cia.Ltda. en base al desarrollo e implementación de la metodología 5S y VSM, herramientas del Lean Manufacturing*. ECUADOR: Universidad Riobamba .
- Díaz, M. (2016). *Mejoras de procesos en la industria de neumáticos mediante la metodología de optimización de planta*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Doberssan, J. (2000). *Las 5S, herramientas de cambio*. Argentina: Editorial Universidad Tecnológica Nacional.
- Goldratt, E. (2014). *La meta*. México: Ediciones Granica S.A.
- Hernández, J., & Vizán, A. (30 de AGOSTO de 2018). *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementacion*. Obtenido de Escuela de Organizacion Internacional: <https://www.eoi.es/savia>
- Liker, J. (2011). *Toyota, como el fabricante más grande del mundo alcanzo el éxito*. Colombia: Editorial Norma S.A.
- Madariaga, G. (2018). *Lean Manufacturing*. España: Bubok Editorial.
- Massaki, I. (1998). *Kaizen, la clave de la ventaja competitiva japonesa*. México: Compañía Editorial Continental S.A.
- Miller, J., Wroblewski, M., & Villafuerte, J. (2014). *Creating a Kaizen Culture*. New York: MC GRAW HILL Education.
- Palomino, M. (2012). *Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes*. Perú: Pontificie Universidad Católica del Perú.
- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: MCGRAW-HILL Interamericana Editores S.A.
- Womack, J., & Jones, D. (2005). *Lean Thinking* . España: Ediciones Gestión 2000.
- Womack, J., & Jones, D. (2017). *La máquina que cambio al mundo*. España: Profit Editorial.

ANEXOS.

Anexo 01 Producción de acero crudo a nivel mundial

MUNDO: RANKING DE PRODUCCIÓN DE ACERO CRUDO

WORLD: RANKING OF CRUDE STEEL PRODUCTION

Millones de toneladas / Million tons		2016		2015	
País / Country	Ranking	Volumen	Ranking	Volumen	
China	1	808,4	1	803,8	
Japón / Japan	2	104,8	2	105,1	
India	3	95,6	3	89	
Estados Unidos / United States	4	78,5	4	78,8	
Rusia / Russia	5	70,8	5	70,9	
Corea del Sur / South Korea	6	68,6	6	69,7	
Alemania / Germany	7	42,1	7	42,7	
Turquía / Turkey	8	33,2	9	31,5	
Brasil / Brazil	9	31,3	8	33,3	
Ucrania / Ukraine	10	24,2	10	23	
Italia / Italy	11	23,4	11	22	
Taiwan - China	12	21,8	12	21,4	
México / Mexico	13	18,8	13	18,2	
Irán / Iran	14	17,9	14	16,1	
Francia / France	15	14,4	15	15	
España / Spain	16	13,6	16	14,8	
Canadá / Canada	17	12,6	17	12,5	
Polonia / Poland	18	9	19	9,2	
Vietnam	19	7,8	24	5,6	
Belgica / Belgium	20	7,7	21	7,3	
Reino Unido / United Kingdom	21	7,6	18	10,9	
Austria	22	7,4	20	7,7	
Países Bajos / The Netherlands	23	6,9	22	7	
Sudáfrica / South Africa	24	6,1	23	6,4	
Arabia Saudita / Saudi Arabia	25	5,5	27	5,2	
República Checa / Czech Republic	26	5,3	26	5,3	
Australia	27	5,3	29	4,9	
Egipto / Egypt	28	5	25	5,5	
Indonesia	29	5	30	4,9	
Eslovaquia / Slovak Republic	30	4,8	31	4,6	
Otros / Other	-	66,2	-	67,7	
Total Mundial / World Total	-	1.629,6	-	1.620,0	

AMÉRICA LATINA: PRODUCCIÓN DE ACERO CRUDO POR PAÍSES

LATIN AMERICA: CRUDE STEEL PRODUCTION BY COUNTRY

País / Country	2013	2014	2015	2016	2017 ⁽¹⁾	Var. 17/16
Brasil / Brazil	34.363	33.912	33.247	31.275	34.715	11%
México / Mexico	18.208	19.008	18.228	18.811	20.504	9%
Argentina	5.186	5.488	5.028	4.126	4.333	5%
Colombia	1.236	1.208	1.211	1.272	1.297	2%
Perú / Peru	1.069	1.078	1.080	1.168	1.262	8%
Chile	1.223	1.079	1.112	1.153	1.129	-2%
Venezuela	2.139	1.485	1.345	553	757	37%
Ecuador	570	667	720	576	565	-2%
Guatemala	385	395	403	314	282	-10%
Cuba	322	256	284	244	207	-15%
El Salvador	118	121	124	100	92	-8%
Uruguay	91	94	97	61	54	-12%
Otros / Other	654	560	641	70	32	-58%
Total	65.464	65.351	63.520	59.723	65.231	9%

REPARTICIÓN REGIONAL DE LA PRODUCCIÓN DE ACERO CRUDO 2017⁽¹⁾

REGIONAL SHARE CRUDE STEEL PRODUCTION 2017⁽¹⁾

Brasil/Brazil (53%)

Argentina (7%)

Perú/Peru (2%)

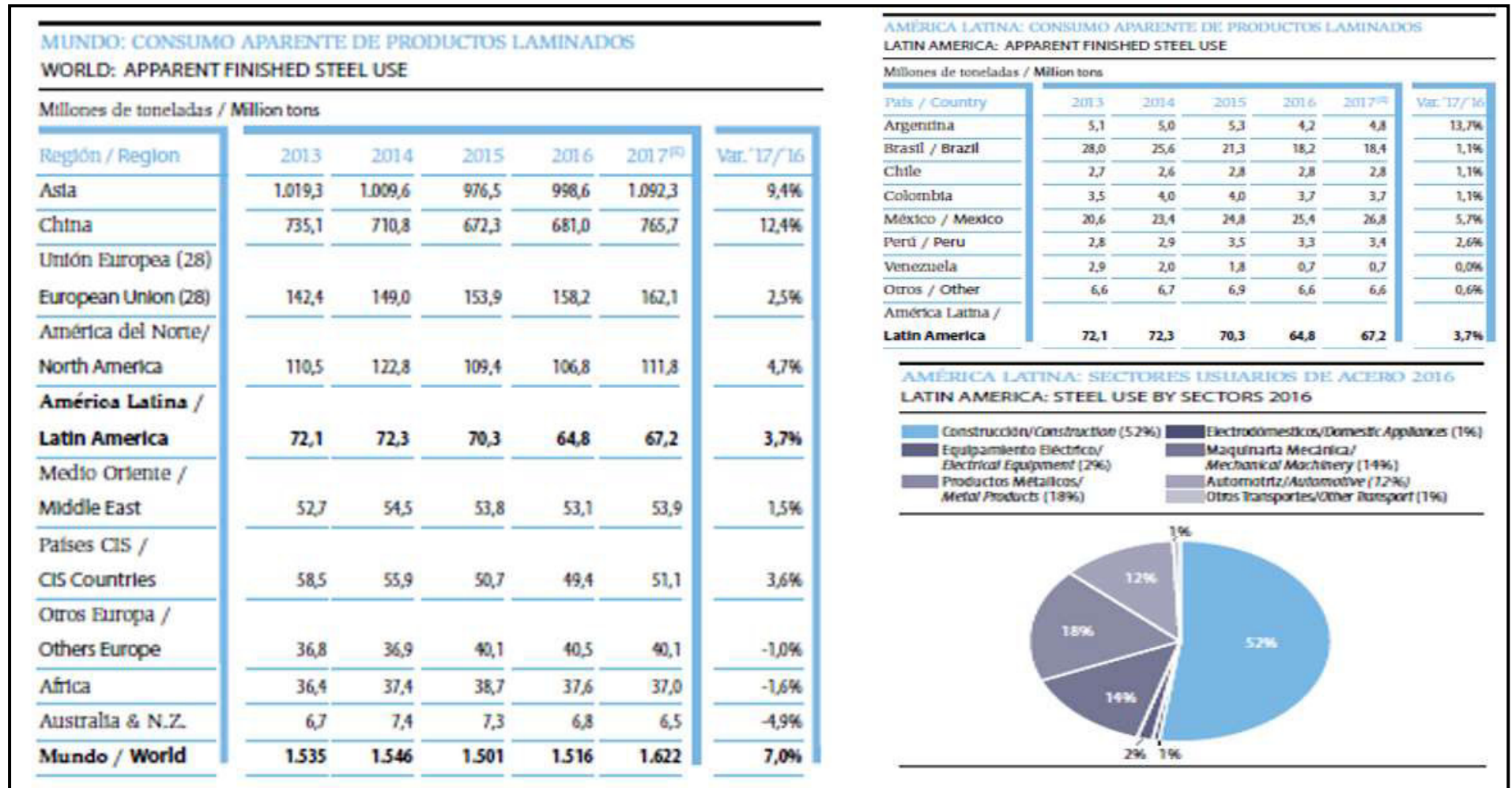
México/Mexico (31%)

Colombia (2%)

Otros/Other (5%)

Fuente: Información de Alacero

Anexo 02 Consumo de productos laminados a nivel mundial

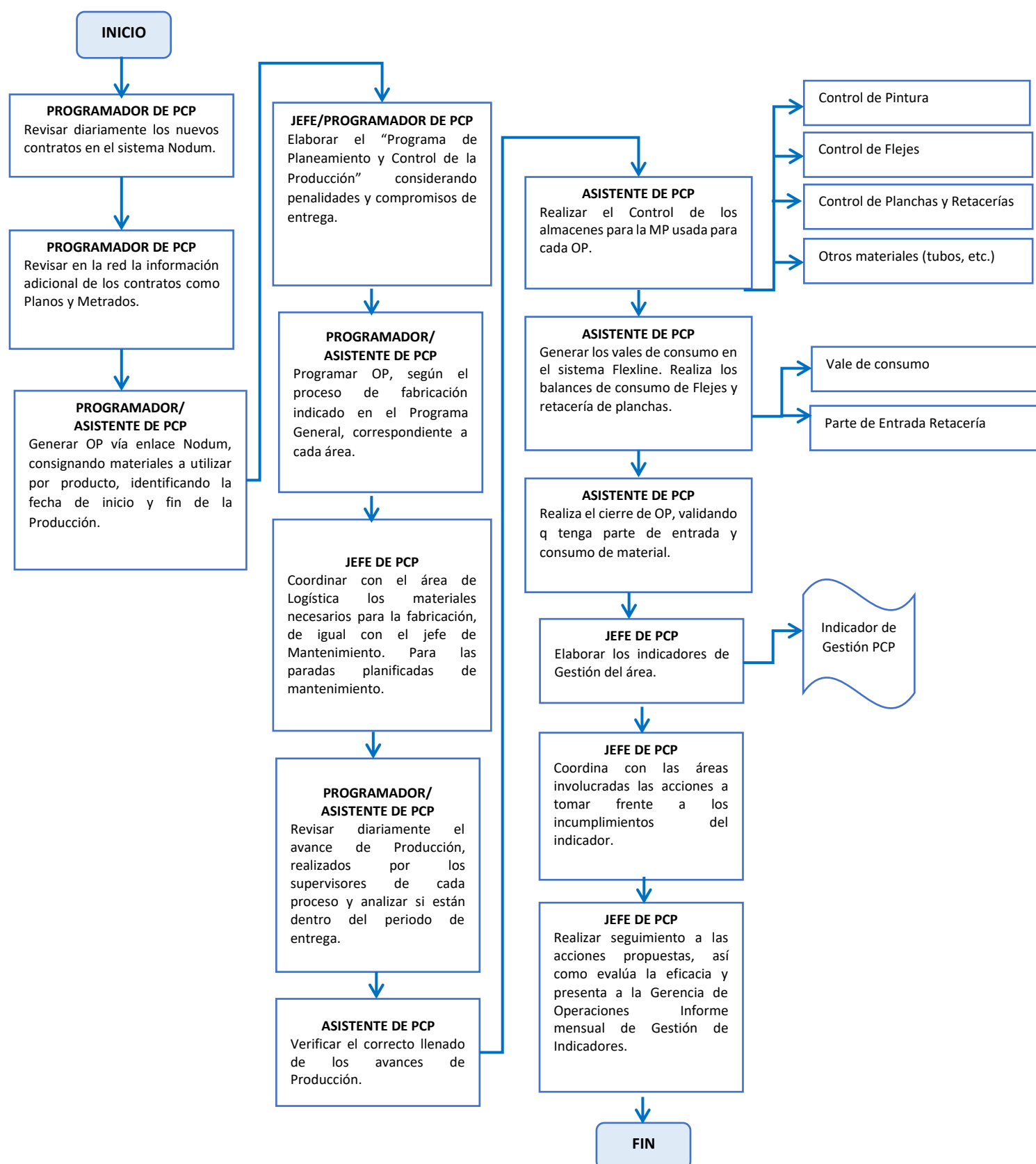


Fuente: Información de Alacero

Anexo 03 Indicadores de gestión de la Gerencia de Operaciones

ÁREA	NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA DEL INDICADOR
PCP	Evolución de Producción (Toneladas)	Sumatoria de P/E Productivo Act. Del mes
	(%)Cumplimiento de programa de producción	$\frac{\text{Numero de Contratos Cumplidos}}{\text{Total de Contratos programados}} \times 100\%$
Producción	Productividad de Planta	Nivel de producción total (Tn) / Cantidad de personal
	% Eficiencia de Utilización de Máquinas	$(\text{Horas productivas} / \text{Horas totales}) \times 100\%$
Mantenimiento	(%) Efectividad del Mantenimiento Preventivo Programado	$\frac{\text{Nº de Actividades Manntto. Atendidos Conforme}}{\text{Nº de Actividades Manntto. Preventivos Programados}} \times 100\%$
	(%)Efectividad del Mantenimiento Correctivo	$\frac{\text{Nº Solicitudes trabajo de Manntto. Atendidos Conforme}}{\text{Nº Solicitudes trabajo de Mantenimiento Total}} \times 100\%$
Control de Calidad	(%)De Materiales No Conformes	% NC Observados + % NC Rechazados
	(%) Productos No Conformes en Proceso	% Prod. Observados + % Prod. Rechazados
Almacén	(%) Confiabilidad de Inventario	$(\text{Nº de ítem Acertadas} / \text{Nº de ítem Inventarios Totales}) \times 100\%$
	(%) Entregas Oportunas	$(\text{Nº de ítem atendidos} / \text{Nº de ítem programados Totales}) \times 100\%$
Logística	(%)Cumplimiento de órdenes de Compra	$\frac{\text{Nº de Órdenes de compra entregados según fechas comprometidos}}{\text{Nº de Órdenes de compra total entregados comprometidos}} \times 100\%$
	(%) Compra y servicio urgente	$(\text{Nº de órdenes urgentes} / \text{Nº de órdenes totales}) \times 100\%$
Despacho	(%) Efectividad de despachos Programados realizados x mes	$\frac{\text{Total de Despachos Realizados}}{\text{Total de Despachos Programados}} \times 100\%$

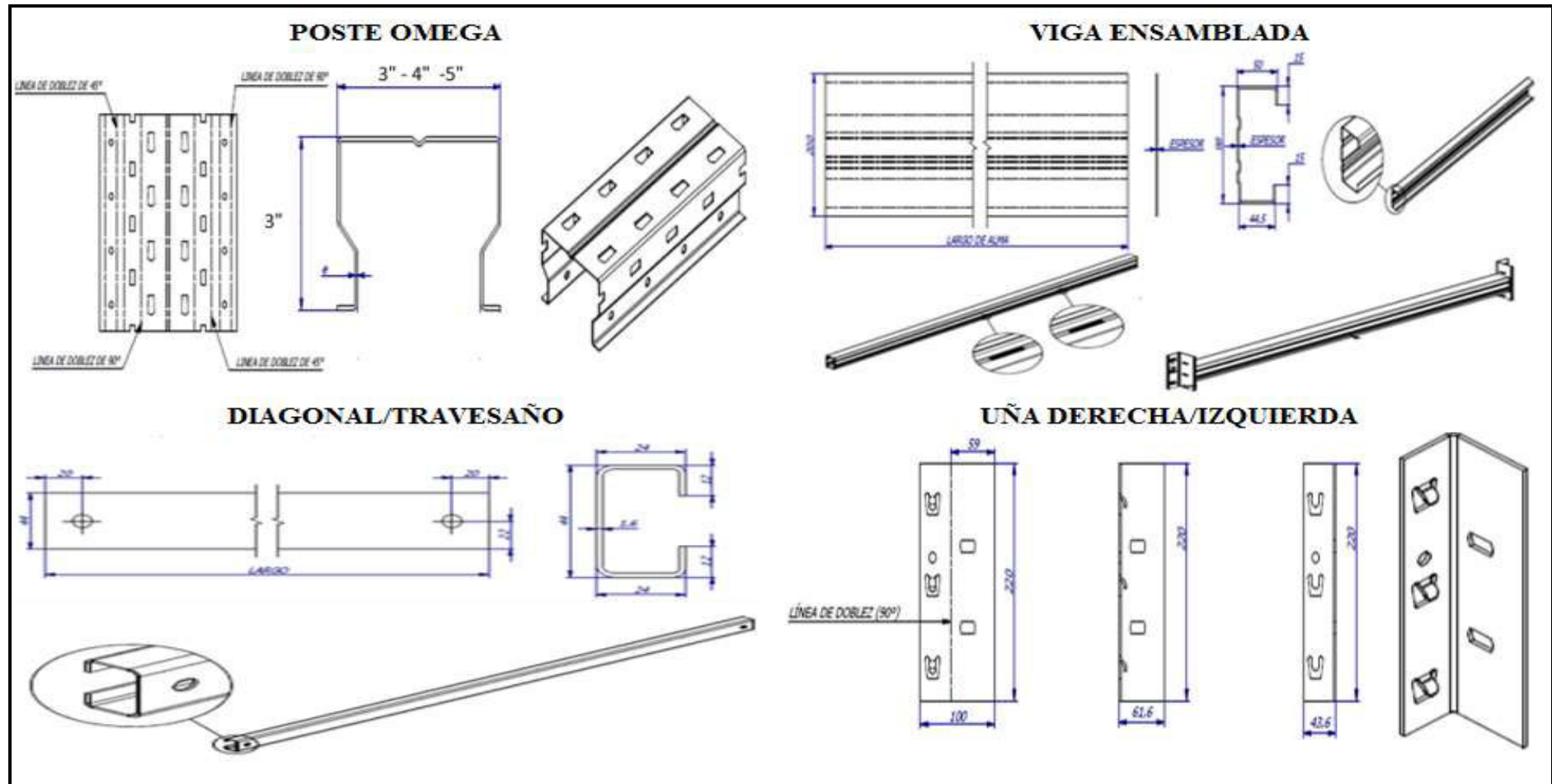
Anexo 04 Diagrama del Flujo de PCP



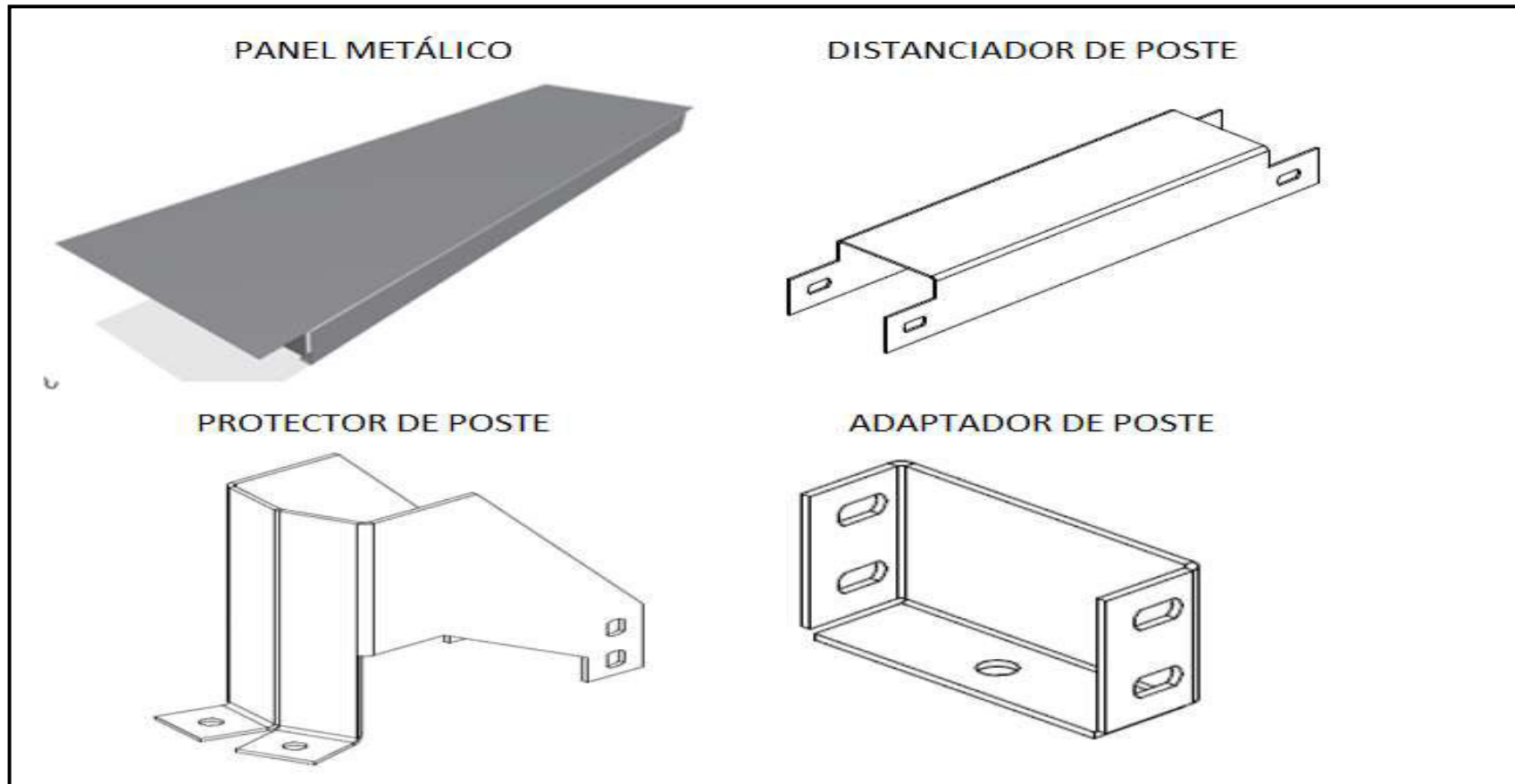
Anexo 05 Componentes de la máquina de Roll Forming



Anexo 06 Planos de los principales productos



Anexo 07 Planos de los productos complementarios



Anexo 08 Ficha técnica del Sigmadex

BOLETIN TECNICO

SIGMADEX 302

DESENGRASANTE – DESOXIDANTE – FOSFATIZANTE

CARACTERISTICAS

SIGMADEX 302 es un producto fosfatizante trifuncional que elimina grasa y óxido simultáneamente. Además de limpiar la superficie del metal forma una capa de fosfato de hierro que aumente la adherencia en los recubrimientos posteriores, evitando la propagación de la corrosión debajo de la película de pintura. No es inflamable y sus propiedades multimetal lo hace apto para ser usado sobre metales ferrosos y no ferrosos.

CONDICIONES DE USO

APLICACIÓN MANUAL

Aplicar con trapo o pincel una solución entre 10 y 30% del producto en agua a temperatura ambiente. Dejar actuar unos pocos minutos hasta notar una fácil remoción del óxido. Enjuagar con agua secar por aire o trapeo.

APLICACIÓN POR INMERSIÓN

Sumergir las piezas a tratar en una solución entre 10 y 50% del producto en agua a una temperatura que puede variar de 20 a 50 °C. La temperatura y concentración se determinan en forma práctica de acuerdo a la cantidad de óxido y grasa de la pieza a tratar. Dejar actuar y enjuagar con agua renovada a temperatura ambiente.

PRECAUCIONES

SIGMADEX 302 es un producto de naturaleza ácida por lo que debe manipularse con las precauciones del caso. Evitar su ingestión y el contacto con la piel y ojos.

NOTAS

Las recomendaciones efectuadas provienen de nuestra experiencia. Cada caso puede requerir modificaciones particulares. Nuestros técnicos lo asesorarán convenientemente y le brindarán la solución óptima a sus necesidades.